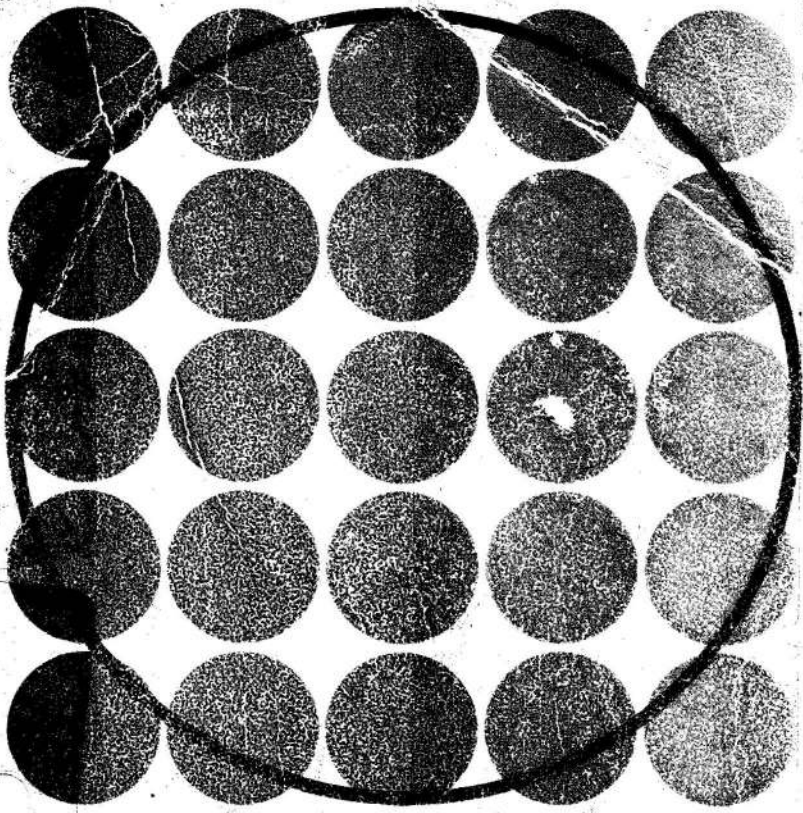
GUADARRAMA



ECKART HEIMENDAHL

WEIZSÄCKER · GERLACH · WIELAND
MAX BORN · GÜNTHER · WEISSKOPF

FISICA Y FILOSOFIA

ECKART HEIMENDAHL

FISICA Y FILOSOFIA

DIALOGO DE OCCIDENTE

con comentarios de

Carl Friedrich von Weizsäcker, Walther Gerlach, Wolfgang Wieland, Max Born, Gotthard Günther, Victor F. Weisskopf

EDICIONES GUADARRAMA
Lope de Rueda, 13
MADRID

Este libro fue publicado por
LIST VERLAG, Munich, 1966

con el título

DIALOG DES ABENDLANDES
PHYSIK UND PHILOSOPHIE

* * *

Lo tradujo al castellano

JUAN SEGUNDO IGLESIAS MUÑOZ

Derechos para todos los países de lengua española en
EDICIONES GUADARRAMA, S. A. - MADRID, 1969

Depósito legal: M. 12073.—1969

Impreso en España por

EOSGRAF, S. A. - *Dolores*, 9. - MADRID

CONTENIDO

Prólogo 9

CAPITULO I

COSMOGONIA Y COSMOLOGIA

De las doctrinas míticas sobre la aparición del mundo a la moderna Cosmología 13
Carl Friedrich von Weizsäcker: *Sobre Cosmogonía y Cosmología* 57

CAPITULO II

IMAGEN DEL MUNDO Y ESPACIO COSMICO

Desde la antigua imagen babilónica del cosmos hasta la imagen física del mundo de nuestro tiempo 65
Walther Gerlach: *Sobre imagen del mundo y espacio cósmico* 98

CAPITULO III

FISICA Y METAFISICA

Desde Aristóteles a Niels Bohr 109
Wolfgang Wieland: *Sobre Física y Metafísica* ... 146

CAPITULO IV

OBJETIVIDAD Y SUBJETIVIDAD

pág. 155

Max Born: *Sobre objetividad y subjetividad* ... 185

CAPITULO V

INTUICION Y ABSTRACCION

Sobre la polaridad del conocimiento de la naturaleza en la evolución de la ciencia 197
Gotthard Günther: *Sobre intuición y abstracción.* 232

CAPITULO VI

TEORIA ATOMICA Y FISICA ATOMICA

Historia del concepto y cambio de significación del átomo, desde Demócrito hasta el presente. 243
Conclusión 272
Victor F. Weisskopf: *Sobre Teoría atómica y Física atómica* 276
Indice de fuentes 283
Indice onomástico y analítico 289

PROLOGO

En el diálogo entre física y filosofía, dos campos fundamentales de la ciencia, recorre este libro la historia de algunos conceptos esenciales del pensamiento de Occidente. En una documentación de textos de escogidas fuentes científicas, unida con aclaraciones detalladas, se presentará la comunidad de física y filosofía en la dependencia recíproca de su desarrollo, y se demostrará a modo de ejemplo su conexión espiritual-histórica en seis complejos temas conceptuales: Cosmogonía y Cosmología, Imagen del mundo y Espacio cósmico, Física y Metafísica, Objetividad y Subjetividad, Intuición y Abstracción, Teoría atómica y Física atómica.

Todos estos conceptos están íntimamente relacionados entre sí. Su desmembración señala puntos de gravedad más bien que limitaciones. Se trata de conceptos que nos sirven de puntos de orientación y según los cuales medimos determinadas contradicciones de nuestro pensamiento y de nuestra conciencia. Así la metafísica como concepto filosófico aparece opuesta al concepto de la física, o la intuición a la abstracción, y todavía más claramente la objetividad como concepto de realidad pura y lo más exacta posible a la subjetividad como concepto del sentir y actuar ligados a la existencia psicofísica del hombre. En estos conceptos se hace visible la tensión polar que domina el pensamiento científico de la época moderna. Aunque en la búsqueda de la propia verdad hemos partido de las ex-

periencias sensoriales y de nuestra existencia como seres vivientes, y, aunque comenzando por la filosofía griega de la naturaleza, hemos preguntado por el origen y el concepto del mundo, sin embargo a partir del Renacimiento se descubrieron los procesos de la naturaleza con métodos racionales y según categorías generales y reglas de la razón, por medio de observación y análisis metódicos, en experimentos, medidas y cálculos matemáticos de sus regularidades.

Para los hombres de nuestro siglo la filosofía parece haber sido relegada a segundo plano por el poder tan visible de las ciencias naturales. Las realidades objetivables de los hechos de las ciencias naturales formaron un concepto de objetividad, en cuya comparación la reflexión filosófica sobre los presupuestos espirituales de la historia de la conciencia y sobre la significación de los métodos científicos y conceptos fundamentales empleados parece tener solamente el valor hipotético de expresiones subjetivas. Esta impresión nace principalmente de que la ciencia ha sido dividida en dos zonas principales: en la ciencia natural y —según el uso del idioma alemán— en las así llamadas ciencias del espíritu. En esta dualidad conceptual el concepto tradicional que tiene del mundo la física clásica, materialista-mecanicista de los siglos XVIII y XIX está todavía contrapuesto a un ideal de la ciencia obligado únicamente a la verdad «espiritual». Esta división de la ciencia está hoy anticuada, pero apenas para nuestro concepto de formación. Desde la física atómica lo más tarde el físico no puede progresar en la teoría sin la filosofía. Físicos como Einstein, Bohr, Oppenheimer, son al mismo tiempo filósofos, de la misma manera que el filósofo von Weizsäcker es físico.

El libro ha surgido de una serie de seis emisiones de Radio Bremen, que trataban los mismos temas y que fueron difundidos, primero, por esta emisora en 1964, y después, revisados y ampliados por mí. Los textos de las fuentes de documentación de cada uno de los temas

conceptuales relacionados entre sí, completados solamente en algunos pocos lugares, están comentados al final de cada capítulo por artículos de especialistas familiarizados con esos problemas.

El carácter necesariamente fragmentario de la publicación pretende mostrar las principales líneas históricas de la formación de la conciencia científica, así como la evolución de nuestro «concepto del mundo». El libro pretende contribuir a la superación del pensamiento dualístico y proporcionar fundamentos y puntos de vista para el diálogo entre hombre y ciencia, tradición y progreso, tantas veces roto por la especialización del saber.

Bremen, junio 1966.

DR. ECKART HEIMENDAHL.

CAPITULO I

COSMOGONIA Y COSMOLOGIA

DE LAS DOCTRINAS MITICAS SOBRE LA APARICION DEL MUNDO A LA MODERNA COSMOLOGIA

Con un comentario de
CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER

La pregunta acerca de la aparición del mundo es la pregunta acerca del origen propio. El hombre, que duda de sí mismo, pretende desde siempre asegurarse de su existencia por medio del conocimiento sobre el origen y la historia del mundo; quiere reconocer el lugar propio en el orden del mundo y expresar en palabras este conocimiento, para poder de esta manera adueñarse de las potencias del mundo.

El mito, el relato de la creación, nos habla del comienzo del mundo como de un suceso real en los tiempos primitivos.

Según Walter F. Otto, «el mito es la cosa misma, la historia. Mito es la palabra como testimonio inmediato de lo *que fue*, es y será». Es la noticia santa, la más antigua tradición. Conservado en el culto, el mito se hace de nuevo presente en las fiestas evocadoras de su origen divino, «se repite» y, por fin, llega a ser leyenda, fábula de recuerdos míticos.

En los mitos más antiguos los creadores del mundo son las potencias fundamentales de la naturaleza, agua y fuego, cielo y tierra: los dioses de la naturaleza. Conforme a ellos y a sus luchas se ordena el mundo en zonas de dominio cósmicas.

Comencemos con algunos grandes mitos de la creación. En primer lugar tenemos el sumerio-babilónico en el Enuma-Elisch. Se remonta al tercer milenio. Una creación del mundo por las divinidades del agua, cuyo hijo más joven es Anu, el Señor del Cielo.

«Cuando arriba (todavía) no había tenido lugar
[mención alguna de los cielos,

(y) no se había pensado (aún) en un nombre abajo
[para el suelo sólido;
cuando solamente el primitivo Apsu, su procreador,
y Mummu y también Tiamat —ella que dio a luz a
mezclaron en una todas las aguas, [todos—
cuando (todavía) no se había formado pantano, ni
[se encontraba islote alguno;
cuando (aún) ningún dios había aparecido,
había sido nombrado con nombre, apropiado (a su)
[destino,
entonces fueron formados los dioses en medio de
[ellas...
(Entonces) fueron formados Anschar y Kischar, más
[grandes que ellas;
vivieron muchos días, se añadieron año tras año.
Anu era su hijo, de igual linaje que los padres.
Anschar creó a su primogénito, Anu, a imagen
[suya» [1].

El mito narra cómo por la disputa de los dioses primitivos —Tiamat, la diosa de las aguas del mar, y Apsu, el dios del reino de las aguas dulces— nace finalmente un orden nuevo. El viejo dominio de la divinidad-madre, del dragón del agua Tiamat, es relevado por Marduk, el joven dios del Sol y de las estrellas, que la vence. La religión astrológica de la luz triunfa sobre la religión maternal de la tierra.

Intimamente unido con el mito babilónico de la creación se encuentra el mito bíblico, el *Génesis*. Pero el lenguaje acusa la desmitización, la pérdida de poder de la religión natural politeísta ante una narración «ilustrada», razonable. Tiamat —en hebreo *Tehom*— es en la traducción de Lutero el agua, «sobre la cual flota el espíritu de Dios». La antigua divinidad-madre ba-

bilónica, desmitizada en la palabra agua, se convirtió en impotente materia prima, en materia sin vida para el espíritu creador de Dios. Con la fuerza de su palabra construye él el mundo. Los dioses cósmicos de la naturaleza son destronados, como el Sol y la Luna, que se convierten en simples luminarias, mientras que Dios crea la luz, de un modo totalmente abstracto y general, y la separa de las tinieblas.

«Al principio creó Dios los cielos y la Tierra.
La Tierra estaba desierta y vacía, y todo era tinie-
[blas sobre
el abismo; y el espíritu de Dios se cernía sobre el
Y Dios dijo: '¡Haya luz!', y hubo luz. [agua.
Y vio Dios que la luz era buena. Dios separó la luz
[de las tinieblas
y a la luz llamó día y a las tinieblas noche. Hubo
[tarde y mañana, día primero.
Y Dios dijo: 'Haya un firmamento entre las aguas,
y él sea una separación entre las aguas'.
E hizo Dios el firmamento y separó el agua bajo el firmamento del agua sobre el firmamento. Y sucedió así. Y al firmamento Dios lo llamó cielo. Entonces hubo de tarde y mañana el segundo día. Y Dios dijo: 'Júntese el agua de debajo de los cielos en lugares determinados, para que aparezca lo seco.' Y así se hizo.
Y a lo seco llamó Dios tierra, y a la reunión de las aguas llamó mar. Y vio Dios que era bueno.
Y Dios dijo: 'Haga brotar la tierra hierba verde y hierba con semilla, y árboles frutales, cada uno con su fruto según su especie y con su simiente en la tierra.' Y así sucedió.
Y produjo la tierra hierba verde. hierba con semilla, cada una según su especie, y árboles que dan fruto y tienen en sí su simiente propia, cada uno según su especie. Y Dios vio que era bueno. Hubo de mañana y tarde el día tercero.

Y Dios dijo: 'Haya luces en el firmamento del cielo, que separen el día de la noche y den señales, tiempos, días y años.
Y haya luces en el firmamento del cielo, para que alumbren sobre la tierra.' Y sucedió así.
Y Dios hizo dos grandes luces: una gran luz que gobierna el día, y una luz pequeña que gobierna la noche, y además las estrellas.
Y las puso Dios en el firmamento del cielo, para que alumbren sobre la tierra
y gobiernen el día y la noche y separen la luz y las tinieblas.
Y vio Dios que era bueno.
Hubo de tarde y mañana el día cuarto.»

(*Gn.* I, 1-19.)

Mientras que esta narración de la creación, orientada hacia el concepto babilónico del mundo, continúa siendo el fundamento de la cosmología judeo-cristiana, el mito griego de la creación —como lo transmite la *Teogonía* de Hesíodo— pinta un surgir del mundo desde el caos al orden, de una manera semejante a la de los babilonios, como una lucha de las jerarquías de dioses. Es un dramático proceso de evolución del mundo, cuyas fases forman los escalones de conciencia del hombre, el camino desde la orientación mágica hasta el dominio de los olímpicos dioses de la razón, que tenían apariencia humana.

«Antes que todo, lo primero fue el caos; después [vino
Gea, de ancho pecho, un duradero asiento para los [dioses
todos, los que habitan las alturas del nevado Olimpo,
tenebroso abismo de Tártaro en el fundamento de [la espaciosa Tierra;
Eros al mismo tiempo—él, que, el más bello de los [dioses eternos,

quita preocupaciones y domina totalmente
sobre el corazón de los dioses y de todos los hom-
[bres y sobre el consejo reflexivo...
Gea procreó luego, totalmente semejante a ella, en
[primer lugar,
al cielo estrellado, para que la rodeara totalmente
y fuera siempre también para los bienaventurados
[un seguro domicilio...
Después nació Kronos, el más joven, de astuto sen-
[tido,
él, el niño más temible; él odió al floreciente padre.
Después de nuevo dio a luz ella
a los cíclopes de corazón terco,
Brontes, Steropes y la lúgubre alma de Argos,
que dieron entonces a Zeus el trueno y crearon los
[rayos...
Inaccesible era su poder de apariencia poderosa.
Pues de todos los que la tierra había procreado con
[el cielo,
ellos eran los más temibles; a *ellos* odió su propio
[padre
desde el principio. Tan pronto como uno de ellos
[había nacido,
a todos escondía él y no permitía que subieran a la
[luz,
los escondía en el seno de la tierra y se alegraba de
[su pecado,
Urano; pero internamente suspiraba la poderosa
[Gea,
oprimida por las calamidades, y pensó en perversas
[artes de astucia» [2].

Kronos, el titán más joven, castró al padre Urano. Con no menos crueldad devoró a sus hijos, los posteriores olímpicos. Solamente se salvó el más joven, Zeus. El libró a sus hermanos, que vencieron con él, en la lucha de los titanes, a los poderes más antiguos y los arrojaron al Tártaro. Bajo el dominio del nuevo rey

de los dioses, Zeus, comenzó una nueva época del mundo. El hombre humanizó a sus dioses en fuerzas de la razón y de la libertad que cantó Homero.

El orden griego del mundo como orden de los dioses, cerrado en sí mismo, tuvo que perecer en la pregunta filosófica sobre el origen sustancial del mundo —la pregunta fundamental de la filosofía jónica de la naturaleza—. A partir de la meditación sobre los principios y las ideas generales de la vida y del mundo se desarrolló una cosmogonía inimaginable, comparativamente abstracta: el agua, el aire como símbolos materiales del origen del mundo —Tales, Anaxímenes— o lo ilimitado-indeterminado, *apeiron*, como concepto originario en Anaximandro, la ley de medida de los números en Pitágoras, el principio de la palabra como unidad dialéctica de las oposiciones en el movimiento eterno del devenir y del pasar en Heráclito, que concibió el fuego como símbolo de la vida, mientras que los eleáticos pensadores Jenófanes y Parménides, que habrían de configurar la filosofía futura, enseñaron el ser inmutable en oposición al devenir (cfr. cap. III, pág. 112 s.). Partiendo de aquí desarrollaron Leucipo y Demócrito una doctrina consecuente de la causalidad, reduciendo todo ser al movimiento de elementos distintos e indivisibles: átomos (cfr. 245 s.).

Platón, que compendió toda la tradición acerca de la filosofía de la naturaleza, aceptó en su cosmogonía principalmente la doctrina eleática del ser y la matemática pitagórica y su doctrina de la armonía de los números como principios del ser. Su diálogo *Timeo* es el primer esbozo científico, ordenado según medidas y formas geométricas, de la construcción del mundo *único*, creado por la divinidad, el demiurgo planificador y artesano. Platón se pregunta por el ser propio original del mundo, por la *idea* que le sirve de base y que pueda aclarar su perfección y su razón. En los fragmentos siguientes trata de dilucidar a base de un método dialéctico la relación del llegar a ser y del ser. ¿Es

el mundo eterno e inmutable? ¿Expresa la obra la intención del maestro?

«Según mi modo de ver, en primer lugar interesa una distinción de las ideas siguientes: ¿Qué es lo siempre existente, lo que no permite devenir alguno, y qué es lo que siempre puede llegar a ser, lo que nunca llega a participar del ser? Lo uno es concebible a través de un pensar razonable por medio del entendimiento, puesto que permanece siempre igual a sí mismo; lo otro es solamente concebible para la opinión (vacilante) precisamente en esta forma imperfecta por medio de la percepción de los sentidos sin participación del entendimiento, puesto que está concebido en constante devenir, sin alcanzar jamás el ser. Pero todo lo que está en camino de ser presupone necesariamente alguna causa, puesto que sin causa es imposible que se produzca algo. Ahora bien: toda cosa cuya forma y manera de obrar produce el constructor *(demiurgo)* atendiendo constantemente a lo que siempre permanece igual a sí mismo, lo cual le sirve de modelo, debe de esta manera resultar lo mejor posible en todos los aspectos; en cambio, si se fija para esto en lo que ha llegado a ser y lo toma como muestra, la obra no resulta buena.

Ahora bien: la construcción total del cielo —o universo o el nombre que queramos darle— debe primeramente ser observada desde el punto de vista que se debe poner como punto de partida de toda observación, a saber, desde la pregunta si estuvo ahí desde siempre sin un principio de su aparición, o si ha llegado a ser y de qué principio ha salido. Ha llegado a ser, porque es visible y palpable y corporal, y todo lo que es de esta especie es perceptible por los sentidos; ahora bien: lo que es perceptible por los sentidos, concebible por opinión vacilante a base de la observación, hay que atribuirlo,

como hemos visto, a lo que llega a ser, a lo creado. A su vez, lo que ha llegado a ser, afirmamos nosotros, tiene que tener siempre alguna causa. Encontrar al constructor y padre de este universo es difícil, y, cuando se le ha encontrado, es imposible darle a conocer a todos. Sin embargo, con respecto a él hay que preguntarse de nuevo según cuál de los dos modelos lo formó el constructor: si conforme a lo inmutable y eternamente igual, o conforme a lo que ha llegado a ser. Ahora bien: si este universo es hermoso y bien formado y quien lo construyó es un buen constructor, está claro que se fijó en el modelo eterno; mientras que en el otro caso, cuya sola mención sería una blasfemia, hubiera mirado a lo que llegó a ser. Ahora bien: está claro para todos que se fijó en el modelo eterno, pues el mundo es lo más hermoso de todo lo que ha llegado a ser, y, en cuanto a la causa, no hay nada que soporte una comparación con el constructor como autor. Si esto es así por lo que se refiere a su aparición, entonces ha sido creado según la muestra de lo concebible para el entendimiento y para el conocimiento y de lo que siempre permanece igual. Concedido esto, este mundo es necesariamente una imagen de algo...

Aclaremos el motivo que dio ocasión al constructor a ensamblar este edificio del mundo, este lugar del devenir. El era todo bondad; ahora bien: quien es bueno, para él no existe nunca ni en lugar alguno un motivo para la envidia; completamente libre de ella, quiso que todo fuera lo más parecido posible a él. Por tanto, según la doctrina de hombres inteligentes, conocer el motivo propio y más contundente del devenir y del universo sería lo más justo. Porque, puesto que Dios quiso que todo fuera lo mejor posible y nada fuera malo, hizo pasar el reino total de lo visible, que él asumió no en estado de quietud, sino de movimiento no sujeto a medida o regla, del desorden al orden, convencido de que este

estado, desde cualquier punto de vista, es mejor que aquél. Pensando, pues, esto, encontró que entre las cosas visibles según su naturaleza, comparado todo con todo, nada privado de entendimiento será nunca más hermoso que lo dotado de entendimiento y que, por otra parte, sin alma ningún ser puede poseer entendimiento. Guiado por esta consideración, compuso el universo de tal manera que al alma acompañara la razón y al cuerpo el alma, para llevar a cabo una obra a la que ninguna otra cosa igualara en natural hermosura y perfección. Y así, aun cuando se trata de una concepción solamente probable, tenemos motivo suficiente para afirmar que este universo es una criatura animada y en verdad racional, a lo cual ha llegado por la providencia de Dios» [3].

En el universo caracterizado por Platón como imagen del entendimiento divino, perfecto —del bien, de la más elevada idea— se mueven los planetas en sus órbitas en torno a la tierra inmóvil. En torno al globo terráqueo gira todo el globo de los cielos. Aproximadamente cien años después de la muerte de Platón, en el siglo tercero antes de Cristo, enseñó por primera vez el astrónomo griego Aristarco de Samos que la tierra se mueve en torno al sol. Pero esta concepción no pudo imponerse a la imagen geocéntrica del mundo, descrita también extensamente por Aristóteles (cfr. capítulo II, pág. 72 s.). Se oponía no sólo a la tradición y a la orientación según la percepción de los sentidos. No se podía tampoco explicar según el saber de entonces cómo podía tener lugar el movimiento de la tierra sin influir en los objetos movibles y en los seres vivientes, y sin causar vientos huracanados. Por esto rechazó también el astrónomo Hiparco, alrededor del año 150 después de Cristo, la imagen heliocéntrica del mundo de Aristarco. El dio profundidad al saber astronómico sobre todo por medio de mapas más exactos de las estrellas, descubrió también la precesión, el

movimiento aparente del polo del cielo y calculó la distancia de la luna y del sol. El perímetro de la esfera de la tierra lo había ya calculado Eratóstenes de Cirene en el siglo III antes de Cristo por medio de mediciones de la posición del sol en Siena y Alejandría.

La síntesis sistemática del antiguo orden del cielo según cálculos matemáticos la intentó el último gran astrónomo de la antigüedad griega, Claudio Ptolomeo de Alejandría, en su «gran sistema astronómico», que conforme al título árabe *(Kitab al magisti)* se llama *Almagesto*. Ptolomeo, famoso como geógrafo de la misma manera que como matemático y astrónomo, calculó el movimiento de los planetas según un especial sistema circular, para explicar sus aparentes recesos, los «virajes de los planetas». Cada planeta gira en torno a la tierra en un gran círculo de revolución *(deferente)* y sobre este círculo se mueve nuevamente en un pequeño giro de rotación *(epiciclo)*. A pesar de este maravilloso descubrimiento no se pudieron conciliar todos los resultados de observación —que debieron lograrse con instrumentos muy simples, como por ejemplo el lineal paraláctico para la medida de la distancia del cenit— con la teoría de los movimientos circulares. Tuvo que echar mano de cálculos de compromiso con ayuda de otros extracírculos epicíclicos. Nunca se le hubiera ocurrido a Ptolomeo, ni a los astrónomos de la Edad Media ni al mismo Copérnico, dudar de que la forma circular era la forma perfecta del movimiento. Kepler fue el primero que se esforzó en suprimir datos de observación aparentemente inexactos. Ptolomeo había usado para su sistema cosmológico sobre todo medios de ayuda matemáticos, como la trigonometría, desarrollada esencialmente por él, para poder medir, por ejemplo, velocidades de ángulo y las longitudes de los arcos por la medición de los senos circulares correspondientes. Ptolomeo desarrolló incluso las así llamadas «tablas de senos». Entonces las astronomía tenía muy poco que ver con

la física, tal y como la entendemos hoy nosotros, más bien conducía hacia la física en cuanto fundamentaba matemáticamente las observaciones astronómicas y de esta manera avanzaba poco a poco hacia el conocimiento de las leyes naturales.

Séanos permitido transcribir aquí una cita del *Almagesto*, para tener una idea de los argumentos que movieron también a Ptolomeo a aceptar la tierra como centro inmóvil del mundo en torno al cual se mueve el sol, la luna y los cinco planetas entonces conocidos en las siete esferas del cielo, y además en la octava las estrellas fijas:

«Se puede demostrar que es imposible que la tierra tenga movimiento alguno o que en absoluto pueda separarse de la situación del punto central. Creo también que es superfluo investigar las causas del movimiento atendiendo al punto medio (del universo), primeramente porque la tierra ocupa el punto central, y porque todos los cuerpos pesados se mueven hacia ella, como lo enseñan claramente las apariencias. La intelección de esto se hace ya posible por la sola circunstancia de que la tierra ha demostrado tener forma de esfera y encontrarse en el punto central y de que sin excepción en todo punto sobre ella la tendencia y los movimientos de los cuerpos pesados en todas partes y en todo tiempo están dirigidos en ángulo recto al plano de contacto, determinado por el punto de caída. De este hecho se deduce que, si no fueran impedidos por la superficie de la tierra, esos cuerpos se dirigirían realmente hacia el punto central.

Si tuviera la tierra un movimiento común e igual al de los otros cuerpos pesados, aventajaría a los demás en la caída por su gigantesco tamaño y quedarían atrás todos los seres vivientes y los cuerpos pesados flotando en el aire, mientras que ella muy

pronto habría caído por fin más allá de los cielos. Solamente imaginar tal cosa sería ridículo» [4].

El «gran sistema astronómico de Ptolomeo» llegó a Bagdad en el año 827 y fue traducido al árabe —en la traducción griega y latina apareció el *Almagesto* por primera vez en el siglo XVI—, y entonces fueron los astrónomos árabes, como Al Battani en el siglo IX, quienes siguieron desarrollando la ciencia del cielo, sobre todo por medio de observaciones de las estrellas. Para ello se emplearon «esferas armilares» (o «astrolabios»), instrumentos de forma circular divididos en grados de arco con varilla de visor movible (dioptra), sobre los cuales estaban representados los círculos de las esferas (ecuador del cielo, eclíptica, meridiano, etcétera).

La Edad Media aceptó la cosmología antigua, enseñada por Aristóteles y santificada por el *Génesis*. Con Copérnico comenzó la Edad Moderna. El mundo antiguo se tambaleó. Hombre y tierra perdieron la privilegiada situación central, y la tierra, mundo primitivo opuesto al cielo —Gea y Urano—, fue considerada como uno de los planetas que gira en torno al nuevo centro del mundo, el sol. Cuando Copérnico poco antes de su muerte, 1543, hizo imprimir después de muchas vacilaciones su libro en seis partes *Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes —De revolutionibus orbium coelestium—* condujo al Renacimiento, nacido en Italia sobre la base del humanismo de Dante y Petrarca, al descubrimiento del mundo y de la naturaleza. La apasionada vuelta hacia la antigüedad trajo, juntamente con el renacimiento en la literatura y artes plásticas, un incremento hoy casi inapreciable de las matemáticas, medicina y ciencias de la naturaleza. Se adquirió el saber de la antigüedad romana y griega de primera mano por medio de traducciones de los escritos originales y se quiso prescindir de toda tutela a base de comentarios y explicaciones dogmáticas de

textos antiguos. Desde la primera imprenta de Gutenberg con letras movibles se había propagado rápidamente la impresión de libros de tal manera que pudieron difundirse muchas fuentes griegas traducidas al latín, como los escritos de Hipócrates y Arquímedes o del matemático Apolonio (que en el siglo II antes de Cristo había descrito los «elementos de las secciones cónicas», usados también por Kepler y Newton). La erudición humanística, el interés filosófico y científico permanecieron durante los siglos XV y XVI íntimamente unidos en la admiración enfática de la naturaleza según los modelos antiguos. El astrónomo Georg von Peuerbach (1423-1461), que enseñaba en Viena, y que también explicaba literatura romana, se concentró, valiéndose del conocimiento de comentarios árabes, en la astronomía de Ptolomeo y desarrolló aún más la trigonometría esférica. Escribió una nueva teoría de los planetas, *Theoricae novae planetarum*. Su discípulo, Johannes Müller, natural de Königsberg, llamado Regiomontano —1436-1476—, intentó después de la muerte de Peuerbach proseguir el propósito de éste, encontrar un texto original del *Almagesto* de Ptolomeo. Además de un almanaque astrológico muy extendido más tarde *(Las efemérides)* y otros trabajos de trigonometría, publicó los resúmenes de los capítulos matemáticos del *Almagesto*, que ya había comenzado Peuerbach, *Epitoma in Almagestum Ptolomei*. En 1476 fue llamado a Roma para cooperar en la reforma del calendario. A estos dos astrónomos hay que agradecer principalmente, el que el *Almagesto*, impreso en el texto griego en 1538, fuera otra vez accesible.

Cuando Copérnico marchó a Italia en 1496 después de sus estudios en Cracovia, fue precisamente impreso en Venecia el *Epitoma* de Regiomontano. Para Copérnico la cosmología de Ptolomeo era no sólo el fundamento necesario, sino que además su propia obra no es otra cosa que la transposición directa, paralela del

Almagesto en el sistema heliocéntrico. Si Ptolomeo representaba la imagen del mundo de la Edad Media, entumecida por la tradición escolástica, fundamentada en la autoridad de Aristóteles, Copérnico pudo apoyarse en Platón, que entonces gozaba de la mayor veneración. Platón había enseñado que el orden cósmico debía ser conocido según leyes matemáticas, había trazado una geometría del cielo proporcionada a base de círculo y triángulo y relaciones de números, en la cual los planetas deberían moverse en torno a un centro común en círculos uniformes. Este modelo del mundo no había sido conseguido por el complicado sistema de Ptolomeo, que tenía en cuenta los epiciclos. Copérnico era consciente de las divergencias existentes y acentúa su punto de partida en su prólogo a *De Revolutionibus:*

> «Solamente conocer que las investigaciones de los matemáticos muestran divergencias, me inclinó a meditar sobre un método de cómo se puede medir los movimientos de los cuerpos celestes... Por este motivo me esforcé en leer de nuevo las obras de todos los filósofos, de las que pude disponer; quise descubrir si alguno de ellos había llegado alguna vez a pensar que los movimientos de los cuerpos celestes podrían ser distintos de los que habían sido aceptados por las escuelas matemáticas».

El terreno estaba bien preparado para el cambio de Copérnico. En todas partes aumentaba la sed de conocer las ciencias naturales, y la astronomía, así como la náutica y la cartografía y la floreciente técnica de la ingeniería, se convirtieron en campo de operación de las matemáticas aplicadas.

Cuando Copérnico estudiaba en Cracovia, 1492, Cristóbal Colón descubrió América, Behaim construyó en Nuremberg el primer globo terráqueo y Leonardo da Vinci esbozó dibujos para una máquina de volar.

Dos años más tarde publicó el matemático Luca Pacioli la *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita.* El gran programa en el que todos tomaban parte, tanto los navegantes como los astrónomos, los cartógrafos como los pintores de la perspectiva, eran las matemáticas como instrumental para la teoría de la prueba científica. «Quien censure la más alta certeza de las ciencias matemáticas», escribe Leonardo da Vinci en sus diarios, «se alimenta de confusión y no impondrá nunca silencio a las contradicciones de las ciencias sofísticas, por medio de las cuales solamente se aprende un eterno griterío... La ciencia es el capitán y la práctica son los soldados... Hay que exigir que todo instrumento sea construido teniendo por base a la experiencia. Todo instrumento debe ser aprobado por la experiencia, de la cual ha nacido» [5].

En 1527 descubrió un astrónomo danés de 26 años una nueva estrella extraordinariamente clara, que pasados algunos días se volvió más pálida: Tycho Brahe había descubierto, como sabemos ahora, una de las rarísimas supernovas, una explosión de estrella. Cuatro años más tarde investigó el universo en el observatorio Uranienburg, construido por él mismo, en la isla danesa de Hven, con instrumentos hechos también por él, grandes cuadrantes y sextantes. Brahe midió las posiciones de 777 estrellas y publicó los resultados en un gran catálogo de estrellas. En los últimos años de su vida, siendo matemático de la corte imperial de Praga, se unió a él como asistente un joven astrónomo, Johannes Kepler (1571-1630). El fue su sucesor en Praga y el heredero de los extensos apuntes de Brahe, cuyas tablas de planetas completó y publicó en 1572 como las *Rudolfinische Tafeln.* Todos los esfuerzos y afanes de Kepler tenían como meta la ley de la construcción del mundo como obra de creación de Dios. Buscó la maravillosa armonía en su profundidad mística, las proporciones matemáticas del uni-

verso. «Para Kepler la astronomía era», como escribe C. F. von Weizsäcker, «una adoración del creador por medio de las matemáticas. En la ley matemática, el hombre que ha sido creado a imagen de Dios medita en los pensamientos de la creación de Dios. Este es el mundo del *Timeo*, no el mundo de Demócrito» [6]. Copérnico, con cuyo sistema solar no pudo estar de acuerdo Tycho Brahe, incitó a Kepler, que lo aceptó entusiásticamente, a estudiar con más exactitud el orden perfecto y la armonía que allí se manifiestan. En la geometría de las órbitas circulares de los planetas creyó encontrar los cinco cuerpos platónicos como elementos fundamentales. Así escribe en 1596 en el *Mysterium cosmographicum:*

> «Que el mundo todo está rodeado por una forma de esfera lo demostró ya Aristóteles con todo detalle (en el segundo libro *Sobre el cielo)*, donde fundamentó su prueba entre otras cosas sobre la extraordinaria significación de la superficie de la esfera. Por los mismos motivos conserva también ahora la esfera más externa de las estrellas esta forma, aunque no le pertenece movimiento alguno; ella lleva en lo más interior de su regazo al mismo tiempo al sol como punto central. Que las restantes órbitas sean redondas se deduce del movimiento circular de las estrellas...
>
> Por consiguiente, si llevamos finalmente a cabo una elección entre los cuerpos, prescindimos de la gran cantidad de los irregulares y nos quedamos únicamente con aquellos cuyos planos laterales sean totalmente equiláteros y equiángulos, entonces nos restan los cinco cuerpos regulares, a los que los griegos dieron los siguientes nombres: el cubo o el hexaedro, la pirámide o el tetraedro, el dodecaedro, el icosaedro y el octaedro...
>
> Pero así como el número de estos cuerpos es muy determinado y muy pequeño y las especies de los

restantes son incontables e infinitas, así debieron aparecer en el mundo dos clases de estrellas, que se diferencian entre sí por una señal evidente (como es quietud y movimiento); la primera clase debe rayar en el infinito, como el número de las estrellas fijas, la otra debe ser estrechamente limitada, como el número de los planetas. No es éste el lugar de exponer por qué éstos se mueven y aquéllas no.

Pero demostrado que los planetas necesitaban el movimiento, se sigue que debían recibir órbitas circulares, para poder conservarle. Llegamos, pues, a las órbitas circulares por el movimiento y a los cuerpos por el número y tamaño. Qué nos queda sino decir con Platón, que Dios hace siempre geometría y ha asignado en la construcción de las estrellas movibles cuerpos a las órbitas y órbitas a los cuerpos, hasta que no hubo ya cuerpo alguno que no estuviera provisto interior y exteriormente de órbitas móviles...

Si ahora juntamos los cinco cuerpos y finalmente colocamos círculos tanto entre ellos como fuera de ellos, tendremos exactamente el número de seis círculos.

Ahora bien, si alguna época ha explicado el orden del mundo sobre el fundamento de aceptar seis órbitas móviles en torno al sol inmóvil, ha transmitido bajo todas las circunstancias la verdadera astronomía. Ahora bien, Copérnico pone precisamente seis órbitas de esta clase, cada dos de las cuales están entre sí de tal manera relacionadas, que aquellos cinco cuerpos encajan lo mejor posible entre ellas» [7].

La fama mundial de Kepler descansa no en su propio testamento, el *Harmonice mundi* impreso en 1619, la obra que debía completar su *Misterio del mundo*. Su fama está fundamentada en las tres leyes descubiertas por él de las órbitas y tiempos de revolución

de los planetas, que dio a conocer en la *Astronomia nova*, 1609, y en *Bosquejo de la astronomía de Copérnico*, 1617-1621. La primera ley descubierta en 1604 dice: «Los planetas se mueven en elipses, en cuyo foco está el sol». Esta ley física es la revisión decisiva tanto de la imagen antigua del mundo como de la de Copérnico, porque de esta manera se destruye el gran mito de la forma circular como forma perfecta del movimiento de los planetas. Sobre esto descansaba desde Platón la creencia en la perfección armonizada del orden divino en las esferas celestes. Kepler, que debía a Brahe el valioso material de observación, no podía resignarse a que siempre hubiera divergencias entre la teoría de Copérnico de la circunferencia y los datos de medición. Sólo en el transcurso de los años, admitiendo fuerzas magnéticas que causan las órbitas elípticas, llegó a formular sus leyes. Nadie podrá hacerse una idea de cuánto le costó rechazar en aras de la verdad científica la venerable idea circular, representante de derechos sacrales. Kepler se pronunció en último término como hijo de la Edad Moderna. Fue una decisión de la razón contra la fe en la idea y en cierto sentido una victoria de la física fundada en conocimientos empíricos sobre la filosofía especulativa.

Con Galileo Galilei, siete años mayor que Kepler, se independiza la física, y con ella su rama más noble, la astrología, de todos los presupuestos metafísicos y de todas las ataduras filosóficas, que —como en la cosmología de Aristóteles y Ptolomeo— habían determinado el concepto del mundo de la Edad Media. Galilei no se interesa, como lo hizo Kepler, por la pregunta *por qué*, por la idea y finalidad del orden de la naturaleza. Le interesa solamente «cómo» sucede un fenómeno de la naturaleza, concebido como cosa investigable, y a qué leyes obedece. Galilei luchó con pasión polémica por la libertad de la ciencia frente a toda autoridad dogmática. Fuente del conocimiento de

la naturaleza es la experiencia. En estas exigencias coincidió totalmente con su contemporáneo Francis Bacon (1561-1626). La naturaleza misma debía descubrir su verdad, y a ésta solamente había que someterse. El método de encontrarla analíticamente es el experimento, la investigación que mide empíricamente. Desde Galilei se convirtió el experimento en material de prueba para la teoría que trataba de fundamentarse matemáticamente.

Para el diálogo entre física y filosofía es decisivo el que Galilei relevara la parte esencial de la física aristotélica, la doctrina del movimiento, por una nueva mecánica, que llegó a ser el fundamento de la ciencia mecanicista de la naturaleza de Newton. Siendo aún estudiante en Pisa investigó las oscilaciones del péndulo y descubrió sus leyes. En 1586, cuando tenía 26 años, inventa la balanza hidrostática y escribe pronto sobre ello un tratado, *La Mecánica*, en el cual hace una análisis elemental de sencillas máquinas como la palanca, el plano y el tornillo. En 1590 compone, todavía en estrecha conexión con la mecánica estática de Arquímedes, su escrito *Sobre el movimiento (De motu)* y llega por medio de experimentos sobre la caída libre —que según parece llevó a cabo en la torre de Pisa— al descubrimiento de las leyes de la gravedad. Estas leyes tienen consecuencias revolucionarias para toda la doctrina del movimiento, y por tanto deben ser mencionadas aquí.

Aristóteles enseñó que los cuerpos pesados caen más rápidamente que los ligeros. Galilei demostró que la causa de esto no es el peso del cuerpo, sino la resistencia del aire y la densidad de los cuerpos, y que en el vacío todos los objetos caen a la misma velocidad, y precisamente según una ley de aceleración que se puede formular mecánicamente con toda exactitud. Ateniéndose, pues, a la experiencia conseguida por los experimentos, y esto fue determinante para los métodos de las ciencias naturales, se abrió camino a través

de la realidad visible hacia las causas, que pueden llegar a ser apreciadas «detrás de las cosas» en la ley matemática de la naturaleza. Este es el principio metódico de la física de la Edad Moderna. Pero su fama para los contemporáneos comenzó en el año 1610, cuando apareció su escrito *Mensajero estelar (Siderius nuntius)*. Galilei se había construido en 1609 un anteojo de largo alcance, después de haber oído que un constructor de lentes holandés (Lipperdey) había descubierto este instrumento para la náutica. El narra detalladamente cómo pudo construir un telescopio, que permitía un aumento de sesenta veces, mucho más potente que los que se usaban hasta entonces. «Por último conseguí», escribe en el *Mensajero estelar*, «construir para mí un instrumento tan extraordinario, que los objetos observados a través de él aparecían casi mil veces mayores y más de treinta veces más cerca que en la observación a simple vista». Galilei observó la luna y descubrió sus cráteres y montañas, un mundo lleno de estrellas desconocidas brilló ante él. En la observación del planeta Júpiter descubrió sus lunas. Si durante mucho tiempo había tenido al sistema de Copérnico por exacto, vio él aquí una prueba para ello. Pues el sistema de Júpiter parecía ser semejante al del sol.

> «Tenemos aquí ante nosotros una bonita y elegante prueba, que es apropiada para vencer la duda de aquellos que, mientras aceptan con toda facilidad las revoluciones de los planetas en torno al sol según el sistema de Copérnico (Tycho Brahe), se muestran muy recelosos de que sólo la luna deba girar en torno a la tierra y acompañarla en su órbita anual en torno al sol. Cierta gente ha pensado que esta estructura del universo debe ser rechazada como imposible. Desde ahora tenemos ante nosotros no solamente un planeta que gira en torno a otro, en tanto que ambos se mueven alrededor

del sol en una gran órbita; nuestros ojos nos muestran cuatro estrellas, que caminan en torno a Júpiter, como camina la luna en torno a la tierra, mientras que todos juntos en un espacio de tiempo de doce años trazan una gran órbita en torno al sol» [8]

Aristóteles había enseñado, como causa del movimiento, que todos los cuerpos tienen su «lugar natural» y de aquí que los cuerpos pesados caigan hacia abajo —sobre la tierra— y los ligeros, como el aire y el fuego, suban hacia arriba, a las esferas superiores celestes, a no ser que estén movidos por una fuerza que obre constantemente, como un velero por el viento. Galilei llegó a conocer que un cuerpo no sólo puede continuar en reposo, sino que también permanece en un «movimiento uniforme» si sobre él no obra fuerza alguna. Esta ley de la inercia, fundamentada más tarde matemáticamente por Newton, es el mayor logro de Galilei. De gran trascendencia fue también su observación de las fases de Venus. Según el sistema de Ptolomeo no podía aparecer fase alguna. El pudo ahora mostrar por el telescopio, que el planeta según su posición con respecto a la tierra se podía ver entero o sólo en parte. Esto apoyaba evidentemente el sistema de Copérnico. Por medio de estos resultados de observación presentados por él oficialmente como prueba en favor del sistema de Copérnico provocó día tras día a la omnipotente Iglesia. Pero al proceso y a la condena por el Santo Oficio a abjurar de la doctrina herética no se llegó hasta 1633, después de que Galilei había publicado su obra más grande, el *Diálogo sobre los dos principales sistemas cósmicos, el de Ptolomeo y el de Copérnico*. A pesar de la estricta prohibición defendía en su *Diálogo* de una manera inaudita el nuevo sistema cósmico, mientras que probaba con rigurosidad lógica, que al menos ninguno de los dos sistemas concurrentes podía exigir para sí de una manera concluyente verdad obligatoria. En su método de

discusión emplea argumentos que apelan directamente a la razón, para que acepte como exacto lo que parece ser con mucho más probable:

«El método justo para investigar si se puede atribuir a la tierra un movimiento y de qué clase sea éste, consiste en examinar y observar, si se puede reconocer en los cuerpos fuera de la tierra un movimiento aparente, que les corresponda a todos en la misma medida. Pues un movimiento que por ejemplo pueda apreciarse únicamente en la luna, y por el contrario no tenga nada que ver con Venus o Júpiter o con las otras estrellas, es imposible que sea propio de la tierra y que tenga su asiento en sitio otro alguno fuera de la luna. Ahora bien, existe un tal movimiento totalmente común y que domina a todos los demás, a saber aquel que el sol, la luna y los otros planetas, las estrellas fijas, en una palabra todo el universo con la sola excepción de la tierra parece llevar a cabo de Este a Oeste en un espacio de tiempo de veinticuatro horas. Ahora bien, este movimiento, por lo menos tal y como aparece a primera vista, podría ser con la misma probabilidad un movimiento de sólo la tierra, que de todo el mundo restante a excepción de la tierra. Pues, tanto en una hipótesis como en la otra, resultarían los mismos fenómenos. De aquí se deduce que Aristóteles y Ptolomeo, que entendieron muy bien esta reflexión, no aportan razones contra ninguna otra forma de movimiento sino contra esta diaria.

Si consideramos nada más la gigantesca extensión de la esfera estelar en comparación con la pequeñez del globo terráqueo, que está contenido en aquélla muchos millones de veces, y pensamos en la velocidad del movimiento, debido al cual se lleva a cabo una revolución completa en un día y en una noche, no me explico cómo alguien puede

tener por más racional y más creíble que sea la esfera estelar la que se mueve y que el globo terráqueo por el contrario permanezca fijo.

Si todos los fenómenos de la naturaleza que dependen de este movimiento se pueden explicar de la misma manera por una suposición como por la otra, tengo según una primera impresión general a la opinión que hace moverse a todo el universo, para conseguir que la tierra permanezca fija por más irracional que si alguno subiera a la punta de una cúpula solamente para tener una visión de la ciudad y sus alrededores, y exigiera que toda la región se moviera en torno suyo, para no tener la molestia de mover la cabeza...

Puesto que además hemos dividido al universo en dos partes, una de las cuales necesariamente debe ser móvil, la otra inmóvil, da exactamente igual para las consecuencias de este movimiento, que sea solamente la tierra la que se mueve, o el universo entero. Pues la acción de este movimiento no consiste nada más que en la posición recíproca en que se encuentran la tierra y los cuerpos celestes, y fuera de esta situación recíproca no cambia nada. Ahora bien, si para el logro de las mismas consecuencias es igual que solamente la tierra se mueva y permanezca quieto todo el universo restante, o que esté quieta la tierra y sea el universo entero el que esté comprendido en un movimiento común: ¿quién osaría creer que la naturaleza —que según la opinión común no pone en juego muchos medios allí donde basta con pocos— ha preferido hacer moverse a un número incalculable de cuerpos gigantescos y por cierto con una increíble velocidad, para llevar a cabo lo que se podría conseguir por el movimiento moderado de uno solo en torno a su propio centro?» [9].

Galilei encontró la ley de la inercia, y Newton (1643-

1727) la formuló. Los planetas que se mueven uniformemente no necesitan —una vez que están en movimiento— de ninguna otra fuerza que los empuje. Copérnico había concebido todavía al sol como el centro de la fuerza divina que mueve a los planetas. Ahora también el sol fue destronado, como antes la tierra. Newton descubrió la fuerza de gravedad, la ley de la atracción de las masas: la gravitación. La fuerza de gravedad del sol y la fuerza de inercia de los planetas (fuerza centrífuga) los sostienen en órbita. Conceptos abstractos, cuantitativos de fuerza sustituyen a los espíritus animados de las estrellas. Si la religión cristiana privó al cosmos de los dioses, la nueva mecánica física del cielo le privó de Dios. El mundo funciona como una máquina según leyes de presión y choque. Es verdad que para Newton Dios no era todavía superfluo, sin embargo, en esta ciencia del cielo, Dios llega a ser el «tapaagujeros» de la ignorancia. Solamente para el primer acto, para el principio del mundo, se necesitaba todavía un Dios: el «demonio de Laplace». En el tercer libro de los *Principios matemáticos de la doctrina de la naturaleza* declara Newton en 1687:

«Esto tenía que decir yo de Dios, cuyas obras tiene la tarea de investigar la doctrina de la naturaleza.

Hasta ahora he explicado los fenómenos de los cuerpos celestes y los movimientos del mar por medio de la fuerza de la gravedad, pero no he indicado en ningún sitio la causa de esta última. Esta fuerza proviene de alguna causa, que llega hasta el punto central del sol y de los planetas, sin perder absolutamente nada de su eficacia. Ella obra no en relación a la superficie de aquellas partículas, sobre las que influye (como las causas mecánicas), sino en relación a la cantidad de materia compacta, y su acción se extiende hacia todos los lados, hasta

distancias gigantescas, mientras que disminuye siempre en proporción doble a estas últimas. La gravedad con relación al sol está compuesta de la gravedad con relación a cada una de sus partículas y disminuye con la distancia del sol precisamente en proporción doble a la distancia, y esto sucede hasta en la órbita de Saturno, como lo prueba el reposo de los afelios de los planetas; se extiende además hasta los afelios de los cometas, si estos afelios están en reposo».

Es característica de la nueva postura de Newton, comprometida solamente con la prueba científica de los hechos, su concepción precisa de la física experimental. Su aguda distinción entre especulaciones e hipótesis llega a ser ejemplo para la física de la Edad Moderna, y conduce a una clara separación de la filosofía. Así explica Newton:

«Todavía no he conseguido deducir de los fenómenos el fundamento de estas propiedades de la gravedad y no quiero imaginar hipótesis. Pues todo lo que no se sigue de los fenómenos es una hipótesis, e hipótesis, ya sean metafísicas o físicas, mecánicas o aquellas de las propiedades ocultas, no deben ser aceptadas en la física experimental» [10].

El físico Newton no encontró respuesta a la pregunta sobre la formación del mundo y la perfecta regularidad del sistema planetario. El filósofo francés René Descartes (1596-1650) lo explicó por medio de su «teoría de los torbellinos». Los planetas serían conducidos por un torbellino de fina materia que se movería en torno al sol y se mantendrían de esta manera en un movimiento circular uniforme. Newton pudo demostrar que no existe torbellino alguno continuo de materia. Dios debió de haber dado desde el principio al sistema esta forma de movimiento. El filósofo Emmanuel Kant, formado en la física de Newton,

aproximadamente setenta años más tarde, 1755, deja completamente fuera de juego la prueba cosmológica de Dios en su *Teoría del cielo*. El, y en 1796 también el físico francés Laplace, esbozan una teoría con algunas divergencias, según la cual el sistema planetario resultó de una nebulosa que giraba sobre sí misma. A causa de la fuerza de la gravedad la masa principal de la materia se condensó en el centro y apareció el sol, y a distancias distintas se formaron —como lo describe Kant— de los núcleos más grandes planetas y satélites, todos los cuales según el primitivo impulso de rotación giran en torno al sol. Esta cosmología que ha entrado en la historia de la filosofía con el nombre de teoría de Kant y Laplace es también la que en el siglo anterior marcó la pauta. Entre tanto se tiene la teoría trazada por Kant como más probable aún que la de Laplace. Ponemos a continuación un trozo del texto de la segunda parte de la *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo*. En el capítulo «sobre el origen de la construcción del mundo planetario en general y sobre las causas de sus movimientos», explica Kant:

> «Pienso que todas las materias, de que constan las esferas, que pertenecen a nuestro mundo solar, todos los planetas y cometas disueltos al principio de todas las cosas en su materia prima elemental, llenaron todo el espacio del universo, donde ahora esos cuerpos formados se mueven de un lado a otro. Este estado de la naturaleza, si se le considera en sí mismo sin referirlo expresamente a un sistema, parece ser el más sencillo que puede seguir a la nada. Entonces nada había sido aún formado. La composición de cuerpos celestes separados entre sí, su separación regulada por las atracciones; su forma, que resulta del equilibrio de la materia reunida, son un estado posterior. La naturaleza que limitaba inmediatamente con la creación, era lo más

en bruto, lo más informe posible. Solamente en las propiedades esenciales de los elementos que componen el caos, se puede apreciar la señal de aquella perfección que tienen por su origen, en cuanto que su esencia es consecuencia de la idea eterna del entendimiento divino. Las propiedades más sencillas, más comunes, que parecen haber sido planeadas sin propósito alguno; la materia, que parece solamente pasiva y estar necesitada de formas y configuraciones, tiene en su estado más simple un anhelo, el de transformarse por medio de una evolución natural en un estado perfecto. Las especies de esta materia prima son sin duda, teniendo en cuenta la inmensidad que la naturaleza muestra por doquier, infinitamente distintas. Las de mayor densidad específica y fuerza de atracción, que de suyo ocupan menos espacio y son más raras, están por esto, en una misma distribución en el espacio del mundo, más dispersas que las especies menos pesadas. Elementos de gravedad específica mil veces mayor, están mil veces, quizás millones de veces más dispersos, que los que son más ligeros en esta medida...

Si un punto se encuentra en un gran espacio, donde la fuerza de atracción de los elementos que se hallan allí mismo obra con más fuerza que en todas partes en torno a él, la materia prima de partículas elementales desparramada en todo su alrededor se dirigirá hacia él. El primer efecto de esta inclinación general es la formación de un cuerpo en el centro de atracción, que crece desde un germen infinitamente pequeño, por así decirlo, en rápidos grados, pero en la medida que esta masa aumenta, mueve con mayor fuerza las partes que la rodean a que se unan a ella. Cuando la masa de este cuerpo central ha crecido tanto, que la velocidad con que atrae hacia sí las partículas desde grandes distancias, inclinada hacia un lado por las débiles intensidades de rechazo, con que se estorban unas a

otras, oscila en movimientos laterales, capaces de envolver al cuerpo central en un círculo, por medio de la fuerza centrífuga: entonces se producen grandes torbellinos de partículas, cada una de las cuales describe por sí líneas curvas a causa de la reunión de la fuerza de atracción y de la fuerza de desviación dirigida hacia un lado. Mientras tanto, estos movimientos que naturalmente luchan entre sí de diversas maneras están inclinados a compensarse, es decir, a alcanzar un estado, donde un movimiento impida a los otros lo menos posible. Esto sucede, en primer lugar, al reducir cada una de las partículas el movimiento de la otra, hasta que todas van en una dirección; en segundo lugar, las partículas reducen el movimiento vertical, por medio del cual se aproximan al centro de atracción, hasta que todas ellas, movidas horizontalmente, es decir, en círculos paralelos en torno al sol como punto central, no se entrecruzan unas con otras, y por medio de la igualdad de la fuerza centrífuga con la de caída se mantienen siempre en libres cursos circulares a la altura donde están suspendidas...

La formación de los planetas, en este sistema, aventaja a todo posible concepto doctrinal en esto: en que el origen de las masas describe al mismo tiempo el origen de los movimientos y la determinación de las órbitas exactamente en el mismo momento. Los planetas se forman de las partículas, que, en la altura donde están suspendidas, tienen movimientos exactos a las órbitas circulares: por tanto, las masas compuestas de ellas continuarán los mismos movimientos, en el mismo grado y en la misma dirección. Esto es suficiente para ver de dónde proviene que el movimiento de los planetas sea aproximadamente circular y sus órbitas estén sobre un plano» [11].

Por primera vez en nuestro siglo se ha encontrado

una teoría sobre la formación de nuestro sistema planetario, que satisfaga las exigencias de la física moderna. Es la así llamada «teoría de la turbulencia», publicada en 1944 por C. F. von Weizsäcker y que partía de la teoría de Kant —lo cual apenas sí podía esperarse—, un ejemplo por cierto especialmente hermoso de la lógica interna que tiene la conexión conceptual de filosofía y física en la cosmogonía, y esto de manera muy particular si se piensa en el filósofo Kant, que se ocupó de la física, y en el físico Weizsäcker, que hace filosofía como físico. C. F. von Weizsäcker pudo aplicar en la teoría de la turbulencia el conocimiento de la composición química de la materia del sol y de los planetas, desconocida aún por Kant. Según su teoría, aceptada hoy generalmente, el sistema solar —como ejemplo de cualquier otro— se ha formado de nubes de gas turbulentas (es decir, en desordenada afluencia), principalmente hidrógeno y helio, al producirse por medio de la acción de fuerzas de gravitación y de fricción, de rotación y turbulencia una nebulosa de gas en forma de espiral a modo de disco con un cuerpo central (o «sol primitivo») y con el correspondiente impulso giratorio, es decir, una figura de rotación. Por la diversa densidad de la materia se formaron entonces poco a poco de la acción conjunta de las diversas fuerzas de gravitación y centrífugas dentro y fuera las figuras esféricas del sol y de sus planetas a base de núcleos residuales del gran sistema espiral.

También la cosmología de Kant apuntaba más allá de nuestro sistema planetario y de nuestra vía láctea. El la concibió como un modelo para todo el cosmos. Hoy bajo la palabra cosmología entendemos la investigación real, experimental, la medición de todo el universo, de su antigüedad, extensión y origen. Los nombres griegos de las estrellas, usados hoy todavía, nos recuerdan la antigua configuración del cosmos, en cambio, hoy preguntamos por la *estructura* del

mundo, por las fuerzas elementales eléctricas y magnéticas, por la unidad del espacio cósmico como campo de fuerzas de la materia y de la energía. El modelo mecanicista del mundo de la física clásica, en la cual espacio y tiempo eran magnitudes absolutas, ha desaparecido. El universo no es infinito, como aún pensaron nuestros padres, y el mundo no es eterno. Este tiene su historia. Nacen y desaparecen estrellas, y la medición del tiempo en la tierra da tiempos distintos a los de Mercurio o Marte. Y la luz necesita tiempo, hasta que llega a nuestros ojos desde tiempos y espacios remotos después de miles y millones de años luz.

Sirio está a una distancia de nueve años luz, la nebulosa Andrómeda a millón y medio de años luz, y la luz de los más apartados sistemas estelares hasta ahora observados tiene una edad de cerca de seis mil millones de años luz. Números inmensos que sobrepasan nuestro poder de imaginación. Alrededor de cien mil millones de estrellas contiene solamente nuestra vía láctea, y se calcula que existen mil millones de tales sistemas estelares más grandes o más pequeños. Además, todo el universo se encuentra en un gigantesco movimiento. Con una velocidad de setenta y dos mil kilómetros por hora corre vertiginosamente nuestro sistema solar a través de la vía láctea, que gira en torno a sí misma con una velocidad de ochocientos mil kilómetros por hora. La puerta para entender la concepción moderna de la estructura cosmológica del mundo es la teoría de la relatividad de Albert Einstein. En 1918 la interpretó él así en un artículo del *Times:*

> «La teoría *especial* de la relatividad, sobre la que descansa la *general*, se refiere a todos los fenómenos físicos a excepción de la gravitación; la teoría general de la relatividad proporciona la ley de la gravitación y sus relaciones con las otras fuerzas de la naturaleza.
>
> Desde la antigüedad griega es bien conocido que

para la descripción del movimiento de un cuerpo se necesita otro cuerpo, al cual sea referido el movimiento del primero. El movimiento de un coche se relaciona con el suelo de la tierra, el de un planeta con la totalidad de las estrellas fijas visibles. En la física el cuerpo al cual son referidos espacialmente los fenómenos, recibe el nombre de sistema de coordenadas.

El estado de movimiento del sistema de coordenadas no puede ser elegido arbitrariamente, si es que han de valer las leyes de la mecánica (debe estar 'libre de rotación' y 'de aceleración'). Un sistema de coordenadas, permitido en la mecánica, se llama 'sistema inercial'. Ahora bien, el estado de movimiento de un sistema inercial según la mecánica no es un sistema unívocamente determinado por la naturaleza. Más bien tiene valor esta afirmación: un sistema de coordenadas que se mueve rectilínea y uniformemente con relación a un sistema inercial es a su vez un sistema inercial. Por el *principio de la relatividad especial* se extiende la generalización de esta frase a cualquiera de los fenómenos de la naturaleza; toda ley general de la naturaleza que tiene valor respecto a un sistema de coordenadas K, sin sufrir cambio tiene que tener valor también respecto a un sistema de coordenadas K_1, que se encuentra en un movimiento de traslación uniforme con relación a K».

El principio de la relatividad especial está fundado sobre la tesis —afirmada ya por Leibniz contra Newton— de que no existe movimiento o quietud absolutos, que toda afirmación y medición sólo puede tener valor en comparación con un determinado sistema de relación (sistema de coordenadas) —por tanto sólo relativamente—, y el principio de relatividad afirma, que para todos los observadores que se mueven rectilínea y uniformemente rigen las mismas condiciones.

«El segundo principio sobre el cual descansa la teoría de la relatividad especial es el «principio de la constancia de la velocidad de la luz en el vacío». Este principio afirma: La luz tiene en el vacío una determinada velocidad de expansión, independiente del estado de movimiento y de la fuente de la luz.

Los dos principios mencionados han sido poderosamente confirmados por la experiencia, pero lógicamente parecen ser irreconciliables entre sí. A la teoría de la relatividad especial fue finalmente posible unirlos lógicamente por medio de un cambio de la cinemática, es decir, de la doctrina de las leyes que se refieren al tiempo y al espacio —desde un punto de vista físico—. Se demostró que la afirmación de simultaneidad de dos sucesos tiene sentido solamente en relación con un sistema de coordenadas y que la configuración de cuerpos de medida así como la velocidad de marcha de los relojes debe depender de su estado de movimiento con relación al sistema de coordenadas» [12].

En una conferencia en Londres Einstein hizo referencia a que:

«el continuo de cuatro dimensiones, formado por la unión de espacio y tiempo, conserva según la teoría de la relatividad especial aquel carácter absoluto, que tanto el espacio como el tiempo —sobre todo, aquél— poseían según la teoría anterior. De la interpretación de coordenadas y tiempo como resultado de medida se sigue entonces el influjo del movimiento (relativamente al sistema de coordenadas) sobre la figura de los cuerpos y sobre la marcha de los relojes así como la equivalencia de la energía y de la masa» [13].

Por tanto, según desde donde sean medidos temporalmente sucesos que tienen lugar en dos lugares dis-

tintos, y según con qué velocidad se mueva el propio sistema de referencia, se habrá de colocar un suceso antes o después que el otro. Relativo significa también aquí que el observador y su sistema de referencia en la medición de un suceso han de ser tenidos en cuenta. Otra consecuencia afirma que los relojes andan tanto más lentamente, por tanto la medición del tiempo es más lenta, cuanto mayor es la velocidad de un cuerpo —comparada con la velocidad de la luz—. Como en la regulación del itinerario de un tren en marcha, espacio y tiempo no son dimensiones separadas. El tiempo es la cuarta dimensión en el continuo espacio-tiempo.

«La teoría de la relatividad especial, que no era otra cosa que la continuación sistemática de la electrodinámica de Maxwell y Lorentz», explica Einstein, «apuntó más allá de sí misma. ¿Debía la independencia de las leyes físicas con relación al estado de movimiento del sistema de coordenadas limitarse a movimientos de translación uniformes de los sistemas de coordenadas entre sí? ¿Qué tiene que ver la naturaleza con el sistema de coordenadas introducido por nosotros y con su estado de movimiento? Si es necesario para la descripción de la naturaleza servirse de un sistema de coordenadas caprichosamente introducido por nosotros, entonces la elección del estado de movimiento no debería estar sometida a limitación alguna; las leyes deberían ser totalmente independientes de esta elección (principio de la relatividad general). La verificación de este principio de la relatividad está sugerida por una experiencia conocida desde hace mucho tiempo, según la cual la gravedad y la inercia de un cuerpo están dominadas por las mismas constantes (igualdad de la masa inerte y pesada). Piénsese por ejemplo en un sistema de coordenadas, que relativamente a un sistema inercial en el

sentido de Newton esté concebido en rotación uniforme.

Las fuerzas centrifugales que aparecen en relación a este sistema deben ser consideradas en el sentido de la doctrina de Newton como efectos de la inercia. Pero estas fuerzas centrifugales son, exactamente igual que las de gravedad, proporcionales a las masas de los cuerpos. ¿No sería entonces posible considerar el sistema de coordenadas como en quietud y las fuerzas centrifugales como fuerzas de gravitación? Tal concepción es algo natural, pero la mecánica clásica la prohíbe. Esta consideración fugaz deja entrever que una teoría de la relatividad general debe proporcionar las leyes de gravitación, y la consecuente prosecución del pensamiento ha justificado esta esperanza.

Pero el camino fue más difícil de lo que se podía pensar, porque exigía el abandono de la geometría de Euclides. Esto significa: Las leyes, según las cuales los cuerpos sólidos se ordenan en el espacio, no concuerdan exactamente con las leyes de la posición que la geometría de Euclides atribuye a los cuerpos. Esto es lo que se quiere decir cuando se habla de 'curvatura del espacio'. Los conceptos fundamentales 'recto', 'plano', etc., pierden de esta manera su significación exacta en la física.

En la doctrina de la relatividad general la doctrina de espacio y tiempo, la cinemática, no juega ya el papel de un fundamento independiente del resto de la física. El comportamiento geométrico de los cuerpos y la marcha de los relojes depende más bien de los campos de gravitación, que a su vez son producidos por la materia».

La gravitación es según esto una propiedad del espacio que causa la «curvatura del espacio», el cual por otra parte está determinado por la materia que obra en él. La curvatura depende, por consiguiente,

del mismo modo de la materia y de su densidad de energía, de tal manera que la fuerza de gravitación como fuerza del espacio determina el movimiento de la materia —transcurre a la manera de líneas geodésicas del mundo (de una manera semejante a las curvas en una superficie esférica)—, y la medida de la curvatura en el campo de gravitación resulta de la densidad de la materia (ecuación fundamental de Einstein). Resumiendo, Einstein comprueba que:

«la nueva teoría de la gravitación en el aspecto fundamental se aparta notablemente de la teoría de Newton. Pero sus resultados prácticos coinciden con los de la teoría de Newton tan de cerca, que resulta difícil encontrar criterios de distinción, accesibles a la experiencia. Hasta ahora se han encontrado éstos:

1. En la rotación de las elipses de las órbitas de los planetas en torno al sol (comprobado en Mercurio).
2. En la curvatura de los rayos de luz a través de los campos de gravitación.
3. En un desplazamiento de las líneas espectrales hacia el final rojo del espectro de la luz enviada hacia nosotros por estrellas de masa considerable.

El atractivo principal de la teoría consiste en su unidad lógica. Si una sola de las consecuencias sacadas de ella se muestra inexacta, debe ser abandonada; una modificación resulta imposible sin que se destruya todo el edificio» [14].

El universo de la teoría de la relatividad general se vuelve cada vez mayor según los resultados de la cosmología astronómica actual. Todos los sistemas estelares, vistos desde la tierra, se alejan tanto más aprisa cuanto mayor es la separación. El universo se extiende, se «expande». En esto la geometría del espacio está determinada por el contenido en materia y

la estructura de sus campos de fuerza electromagnéticos, es decir, la materia «hace» el espacio. El astrónomo americano Edwin Hubble descubrió la relación regular entre la velocidad del movimiento de huida de las nebulosas de estrellas y su distancia por medio del desplazamiento hacia el rojo en el espectro de luz de las estrellas, la así llamada constante de Hubble. En su famosa obra *El reino de las nebulosas*, escribe en 1936:

«... Hasta hace poco la investigación del espacio se limitaba a distancias relativamente pequeñas y a espacios pequeños —en sentido «cósmico», a fenómenos microscópicos, por así decirlo—. Pero ahora se ha podido investigar en el reino de las nebulosas fenómenos macroscópicos de la materia y de la radiación. Se esperaba grandes cosas y se tenía el presentimiento de que nada es imposible. Y de hecho se dedujo entonces, cuando los velos se levantaron, la relación velocidad-distancia. Esto fue de suma importancia; pues en el caso de que la relación pudiera hacerse total y completamente inteligible, proporcionaría probablemente una clave fundamental para la solución del enigma, para el problema de la estructura del universo. Las observaciones muestran que las líneas en los espectros de las nebulosas están desplazadas de su situación normal hacia el rojo y que los desplazamientos hacia el rojo se hacen mayores conforme disminuye la claridad aparente de las nebulosas (el efecto Doppler). La aparente claridad es considerada como una medida segura de la distancia. Los resultados de observación pueden, por tanto, expresarse también así: que los desplazamientos hacia el rojo aumentan con la distancia...

... Un amplio examen demuestra que la relación es lineal (desplazamiento hacia el rojo = constante × distancia). Los desplazamientos hacia el rojo

tienen el mismo aspecto que los desplazamientos de velocidad, y otra explicación satisfactoria no se conoce por ahora. Los desplazamientos hacia el rojo se basan, pues, en un movimiento real de huida o en un principio físico fundamental desconocido hasta hoy. Por eso se designa a la ley empírica en general como la *relación de velocidad-distancia* (velocidad = constante × distancia), y se ve en ella a menudo la prueba evidente del universo en expansión de la teoría de la relatividad general.

... Si los desplazamientos hacia el rojo son efectos de la velocidad, entonces se sigue que el universo está cerrado y contiene un espacio limitado y una cantidad limitada de materia» [15].

Hemos comenzado con las narraciones míticas de la creación del mundo y partiendo del saber actual queremos preguntar de nuevo al final de este capítulo por el origen probable del mundo. Acerca de esto hay diversas teorías. La más extendida, la teoría de la evolución, que es la que mejor concuerda con las leyes físicas de la naturaleza, declara que hace algunos miles de millones de años la materia que hoy llena el universo estaba comprimida en un espacio muy pequeño. De núcleos ligeros de átomo, quizás puro hidrógeno, se desarrollaron los elementos pesados, y entonces en algún tiempo sucedió la primitiva explosión. La materia se dispersó y se repartió en el espacio como gas cada vez más difuso. Según esta teoría el mundo acabará un día en la así llamada muerte térmica. Las energías se irradian y se compensan. Las figuras se solidifican. «Toda la vida del cosmos», escribe C. F. von Weizsäcker en la *Historia de la naturaleza*, «es tanto en lo grande como en lo pequeño un desarrollo de figuras cada vez más diferenciadas, comprendido entre el caos del principio y la solidificación del fin».

Pero hay también otra teoría cosmogónica «esta-

cionaria», esbozada por Pascual Jordán, y desarrollada y modificada por los investigadores ingleses, Gold, Bondy y Hoyle. Según esta teoría, durante la expansión de la materia siempre existente y su irradiación, nace continuamente nueva materia. El mundo no tiene ni principio ni fin. El comienzo originario de la expansión sería al mismo tiempo el momento en que aún no existe materia alguna. El mundo nacería continuamente de la nada, una *creatio ex nihilo*. Fred Hoyle ha expuesto esta teoría en su libro *El universo ilimitado*, de donde está tomado el texto siguiente:

«El nacimiento continuo de la materia obliga al universo a la expansión. La acción de este nacimiento de materia conduce a una extensión del espacio que separa a la multitud de los sistemas estelares entre sí. La posibilidad de que aparezcan una y otra vez nuevos átomos en el espacio, da al espacio propiedades físicas activas. Ya no es algo inerte, en lo que la materia puede existir. La producción de materia obliga al universo no sólo a la expansión. Si el universo al principio se expandía con una velocidad arbitraria, después la producción de materia regula la velocidad de expansión, hasta que se produce un estado de equilibrio entre la producción de materia y la velocidad de expansión. La conservación de una determinada densidad media en el espacio ha conducido a la concepción de un universo que se encuentra en equilibrio. Puesto que el promedio de densidad en el espacio es igual en todos los tiempos, deberían el presente y el futuro ser apropiados para la condensación de multitud de sistemas estelares de la misma manera que lo fue el pasado. La teoría, por tanto, hace suponer que multitud de sistemas estelares han aparecido no sólo en el pasado, sino que su aparición tiene también lugar ahora y en el futuro. Aquí está la diferencia decisiva con la otra teoría, que acepta que

todos los sistemas estelares aparecieron hace seis mil millones de años. La teoría del equilibrio supone que nuevas multitudes de sistemas estelares se condensan, aunque al mismo tiempo aumenta la distancia entre los sistemas estelares a causa de la expansión, y por cierto de tal manera, que no cambia con el tiempo el número total de los sistemas estelares en una parte del espacio de proporciones equivalentes. Por este camino llegamos a un universo en el que sin duda se cambian la multitud de los sistemas estelares y se desarrollan con el tiempo, mientras que el universo en total no cambia. Las antiguas preguntas sobre el principio y el fin del mundo aparecen de esta manera bajo una luz totalmente distinta, en cuanto afirmamos que carecen de importancia, ya que el universo no tuvo principio ni tendrá fin. Cada multitud de sistemas estelares, cada estrella y cada átomo tiene un principio, pero no el universo» [16].

Cuál de las teorías cosmogónicas sea la verdadera no lo sabemos. Si según la teoría estacionaria la densidad de la materia en el universo ha sido siempre la misma, entonces deberíamos comprobar si las galaxias más apartadas están tan separadas unas de otras como las más cercanas a nuestro mundo, pues según la teoría de la evolución los sistemas estelares hace nueve o diez mil millones de años luz deberían haber estado mucho más cerca entre sí. Pero nuestros telescopios más grandes no alcanzan más allá de los seis mil millones de años luz. Entretanto recibimos noticias de regiones aún más apartadas del mundo por medio de la radioastronomía, que en los años treinta fue desarrollada por el americano Karl Janskys. (Hoy hay radio-telescopios de un diámetro de hasta ciento ochenta metros). En estos años se han descubierto fuentes de radio muy lejanas, sobre cuya aparición aún no se tiene ideas claras, sobre todo en regiones

estelares muy claras, las así llamadas «Quasars». También el sol emite ondas de radio así como el planeta Júpiter, y en el lugar de las supernovas observadas en el siglo XI en China y en el siglo XVI por Tycho Brahe se han descubierto fuertes radiaciones de radio. Quizá la radioastronomía en unión con la investigación espacial por medio de satélites nos aporte soluciones sobre la aparición del mundo y su edad. Quizá también el proceso de la vida del universo es esencialmente otro, ya que tenemos que suponer que no solamente hay galaxias de materia sino también de antimateria. Ambos tipos de materia se destruyen, si se encuentran. Algunos astrónomos sostienen la interpretación de que las galaxias en el universo podrían constar de antimateria en su mitad. Tal vez originariamente se ha formado el universo de partículas elementales en forma de gas de los dos tipos de materia. Donde chocaran unas con otras en virtud de las fuerzas recíprocas de la gravitación, se habrían convertido las partículas mutuamente en energía y la irradiación de energía habría disgregado de nuevo las masas primitivas de gas, hasta que pudieron formarse los distintos sistemas del mundo. Esta es una de las distintas suposiciones que se plantean acerca del proceso de nacimiento del mundo. En todo caso, hoy tenemos que contar con dos tipos de materia opuestos, complementarios, con átomos y «anti-átomos». Para la explicación e interpretación filosófica se presentan hoy a causa de los nuevos conocimientos físicos de la antimateria nuevas tareas y especulaciones. Damos con preguntas primitivas, que quizá remiten de nuevo el arranque unilateralmente racional de nuestro pensamiento al círculo que estaba presente en el saber mítico del principio del mundo y en la polaridad de las primitivas oposiciones. Volvamos de nuevo con estas preguntas al principio de nuestra breve exposición de la evolución de las doctrinas sobre la aparición del mundo, para explicar esto.

¿Ha sido creado el mundo algo así como en dos entregas, para que ninguna pueda absolutizarse? ¿Ha nacido quizá nuestro universo en expansión realmente de la generación de radiación energética a partir de la materia de dos maneras? ¿O cambian los actos de la creación por partida doble en cuanto que la polaridad del mundo y anti-mundo se destruye en energía y la energía crea de nuevo materia? Algunos suponen que las galaxias de una fuerza de irradiación fuera de lo normal, los Quasars, han nacido en el espacio más lejano de colisiones de antimundos. Esto recuerda la lucha de los Uránidos y los Olímpicos en medio de los rayos de la creación del primitivo fuego de Heráclito. ¿Entendemos mejor el sentido a base de la imagen de míticos crepúsculos de los dioses y gigantomaquias? ¿Es decir, como una bipolaridad de fuerzas opuestas, que en un duelo eterno de amor y odio crean vida de la muerte de otro, y generación de la destrucción? ¿En qué claves hemos concebido nosotros hasta ahora la solución del enigma del mundo? Parece ser que la misma estructura de tal solución encierra también la del enigma, y se muestra sólo en una nueva ramificación. Si el hombre de la Edad Media concibe la existencia terrestre partiendo del estado de seguridad en aquella esfera trascendente de Dios, que resplandece en el fondo áureo de sus cuadros, sin ser visible, lo mismo sucede —en principio— en la representación de Dirac de un espacio de la materia negativa, inmedible. (Paul Dirac ha esbozado la primera teoría de la anti-materia, la así llamada «teoría de los huecos», y postuló el anti-electrón descubierto en 1932 por Anderson, el positrón). Sin duda que aquella simetría contrastada de mundo y antimundo se reduce para la física a inversiones puramente cuantitativas. Pero nosotros poseemos un antiguo conocimiento de la divergencia cualitativa de imágenes y figuras del mundo formalmente homogéneas y exactas. La primitiva imagen de la «Jerusalén

celestial» es algo más que el modelo para su representación. ¿Sería la fe católica en la transubstanciación quizá la última confirmación de ese posible cambio de energía espiritual en aquella «materia trascendente», cuyo anti-mundo es nuestro propio mundo? La creencia en la ascensión de los dioses es tan vieja como la seguridad de que existe una materia «pura», luminosa, que no es de este mundo. ¿Qué ocurriría si la fuerza de gravedad tuviera también su anti-fuerza? ¿Si además de los sospechados «gravitones» hubiera también anti-gravitones? Como antes se dijo del espíritu, los vehículos espaciales conducidos por la antigravitación subirían en un momento, si se desprendieran en el espacio. Como se ve, la aceptación de un anti-mundo anti-material evoca de nuevo representaciones míticas de la doctrina de los dos mundos desde Sumeria y Babilonia. Al mismo tiempo corresponde al pensamiento de la mística acerca de una *coincidentia oppositorum* de espíritu y materia. Pero si la relación de energía y materia, que la física moderna enseñó a entender como una relación complementaria, es además una relación dialéctica; si ambos polos —como en la polaridad espíritu y materia— están también en sí mismos contrariamente estructurados, a lo cual aluden las concepciones de una energía positiva o negativa, o de una materia y anti-materia, entonces esto demostraría que toda conciencia del mundo está fijada en la concurrencia relativa a un opuesto ser de otra manera y que toda tesis se confirma por su antítesis. El equilibrio del universo se debería entender entonces solamente en la recíproca relatividad de sus antagonismos, que solamente juntos ocasionan la unidad dialógica. Entre el lenguaje independiente de la materia y el del espíritu tendría lugar el diálogo que moviliza al mundo [17].

CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER

SOBRE COSMOGONIA Y COSMOLOGIA

Los textos citados proceden de tres mil años de historia del pensamiento humano. Textos del mito, de la filosofía y de la ciencia de la naturaleza en el sentido de la Edad Moderna. Están unidos por un tema común, el tema Cosmogonía. Cosmogonía significa: nacimiento del mundo. Se diferencian en la manera en que el pensamiento humano intentó tratar este tema.

El capítulo sobre Cosmogonía y Cosmología forma parte de la serie que se incluye en el título común de «Física y Filosofía». Física, tal y como lo entendemos hoy es una ciencia de la naturaleza, positiva, exacta, y la pregunta que debemos tratar aquí es ésta: ¿Cómo se relaciona en realidad esta ciencia con la filosofía? ¿Son los textos que ustedes han leído aquí textos exactamente científicos, y si no lo son: cómo se relacionan con la ciencia?

Primeramente quisiera decir algunas palabras generales sobre la relación de la física y la filosofía: La ciencia particular, como por ejemplo la física actual, descansa de manera extraña sobre el hecho de que es posible no hacer determinadas preguntas. Si usted considera la biología actual, sin duda que es una ciencia de la vida, pero no pregunta precisamente: ¿Qué es la vida?, sino describe propiedades de la vida, que se pueden concebir más o menos regularmente. O si

usted dice: la física es la ciencia más completa de la naturaleza, sin embargo la física no pregunta precisamente: ¿Qué es naturaleza? Qué sea naturaleza se sabe ya aproximadamente, y ahora solamente se describen con leyes lo más exactas posibles ciertos rasgos que se encuentran en el ámbito de la naturaleza. De esta manera se consigue mantener fuera de la ciencia las preguntas en las que difícilmente se puede llegar a un acuerdo, y aceptar dentro de la ciencia las preguntas en las que se puede estar de acuerdo. Y esto tiene como consecuencia que ciencia puede ser el trabajo común de muchos hombres que emplean métodos comunes, que se pueden entender acerca de sus métodos y de sus conceptos.

Esta exclusión de las preguntas más difíciles, que hace posible la ciencia, fracasa solamente allí, donde se trata de los mismos fundamentos de la ciencia. La filosofía pudiera tal vez definirse de una manera más amplia como el pensar que no cesa de preguntar, mientras que la ciencia particular, como ya se ha explicado, es posible precisamente porque renuncia en determinados lugares a seguir preguntando. Si ahora debemos cambiar los mismos fundamentos de la ciencia, porque quizá los métodos, los presupuestos fundamentales empleados hasta ahora no son suficientes, precisamente entonces llegamos dentro de la evolución de la ciencia particular, a lugares en los cuales esta ciencia no puede desentenderse de preguntar filosóficamente. Una pregunta de esta clase es, sin duda alguna, la pregunta sobre el principio del mundo y también sobre la imagen total que nosotros nos formamos del cosmos. Si retrocediendo en la historia, preguntamos qué existía ayer, qué hace un año, qué existía hace cien años, qué existía hace mil años, etc., llegaremos por último a un punto en que nuestro saber positivo falla, y en este lugar comienza a hacerse palpable, con qué presupuestos fundamentales hemos llegado a nuestras preguntas. Así usted encuentra en las repre-

sentaciones cosmogónicas que las distintas edades han desarrollado, una imagen de lo que estos hombres han pensado sobre el mundo en total y sobre su propia vida. Bajo este aspecto queremos repasar brevemente los textos:

Había primero varios relatos míticos. Todos ellos eran trozos cortos. En ellos no puede apreciarse la profusión, la grandeza de las narraciones dramáticas de los antiguos mitos de la creación del mundo, por ejemplo del grandioso mito babilónico de la creación del mundo. En todo caso, nos dan a conocer lo bastante, como para ver que este mito comienza con la descripción de la nada. Comienza con una descripción en la que se dice que aún no había nada, que aún no había sido nombrado nombre alguno. Esto es un pensamiento filosófico, como yo diría, es el pensamiento de que, antes de todo lo que se puede describir, se debe presuponer de alguna manera un principio, que es principio solamente, porque no contiene todo aquello que se quiere describir. Aquí los conceptos terminan en las fronteras de nuestro saber. Aquí termina la posibilidad de describir con los conceptos que empleamos normalmente, aquello que es presupuesto de todos estos conceptos. Existe una profunda diferencia, según yo lo veo, entre los mitos como el babilónico y también el griego, por una parte, y la narración aún mitológica con que comienza el Antiguo Testamento. La historia de la creación del Antiguo Testamento puede ser en cierta manera considerada como el paso al pensar racional, que caracteriza al tiempo posterior. En el Antiguo Testamento no hay batallas de los dioses, en las que el vencedor mata al vencido y de su cuerpo muerto construye después el mundo —como, por ejemplo, en los babilonios—, sino que allí hay un Dios que crea el mundo como un obrero crea su obra, que construye el mundo como un jardín, que realiza todo esto con la simple palabra pronunciada por su boca. Por tanto, este Dios tiene en su espíritu,

como tal vez se pueda ya decir, la representación de cómo debe ser el mundo, y lleva a cabo esta representación. Los tiempos posteriores han visto con frecuencia la tarea de la cosmogonía en reconstruir con el pensamiento humano esta representación que Dios tuvo en la creación del mundo y, al mismo tiempo en volver a encontrar la estructura interna del mundo, la regularidad del mundo, a base de trazar la historia de su origen. En el grandioso texto filosófico de la cosmogonía de Platón, en el *Timeo*, es éste el pensamiento dominante. El *Timeo* es un mito, pero en el sentido que la palabra mito recibe en Platón. No es una grandiosa narración simbólica más o menos ingenua de naturaleza poética, sino que es una obra artísticamente estructurada, en la que el filósofo pone delante del lector en forma de imágenes los pensamientos, cuya exposición racional no se atreve a confiarle.

Así, el desarrollo de los rasgos particulares del mundo, tal como nosotros lo conocemos hoy, está presentado por él en la forma de que un dios construye el mundo poco a poco de estos distintos planetas. Platón, en su doctrina de la creación del mundo, usa ya como medio esencial de ayuda las matemáticas. El describe los átomos como últimas unidades de la materia, que a su vez están construidos según el modelo de los cuerpos regulares de los matemáticos, construidos a base de planos triangulares. Estos planos triangulares están determinados por sencillas relaciones numéricas, y en este sentido se puede decir que Platón tuvo ya el pensamiento de la ciencia matemática de la naturaleza. Su ciencia de la naturaleza es ciertamente matemática, pero no exacta. Para la manera de pensar actual ciencia matemática de la naturaleza y ciencia exacta parecen significar lo mismo. En Platón esto no es así: la ciencia de la naturaleza es matemática. Solamente por medio del pensamiento matemático comprendemos las estructuras imperecederas, de las cuales

este mundo, en el que todo tiene un nacer y un morir, sólo participa de una manera imperfecta.

Por tanto, este mundo cumple las leyes matemáticas no de una manera exacta, sino aproximadamente. Por eso esta ciencia de la naturaleza es ciertamente matemática, pero no es una descripción exacta del mundo percibido por los sentidos. La ciencia de la naturaleza de la Edad Moderna, que comienza aproximadamente con Kepler y Galilei, emplea el pensamiento platónico de una ciencia matemática de la naturaleza con una nueva imparcialidad y energía; intenta describir la naturaleza de una manera matemática exacta. Las desviaciones de las leyes matemáticas son estudiadas una vez más cuantitativamente y sometidas de nuevo a leyes matemáticas.

Este pensamiento tal vez haya tenido para Galilei y Kepler fuerza de convicción, porque Kepler y Galilei eran cristianos. Ellos creyeron que el Dios que ha creado el mundo ha fijado de tal manera las leyes que este mundo necesita, que nada existe que pueda oponerse a su voluntad, y pudieron aceptar de esta manera que ellos no hacían otra cosa, cuando cultivaban la ciencia matemática de la naturaleza, sino reproducir los pensamientos creadores de Dios. El entusiasmo por este pensamiento se trasluce, por ejemplo, en las palabras de Kepler. Después Newton perfeccionó esta ciencia, y en el perfeccionamiento por Newton de esta ciencia, la mecánica clásica, comienza un cambio singular. Todo lo de la ciencia de la naturaleza que puede ser descrito matemáticamente, todo lo que, como después se dijo, puede ser descrito mecánicamente —pues las leyes de la ciencia natural matemática eran las leyes de la mecánica—, todo esto parecía ya estar explicado, y si Newton pensaba todavía en un creador del mundo, quería decir entonces que era necesario refugiarse en el pensamiento del creador fundamentalmente porque la explicación mecánica de la naturaleza no bastaba para hacer inteligible el origen de

nuestro sistema planetario. Esta es la prueba de Dios, algo peligrosa, sacada de las lagunas de la ciencia de la naturaleza; algo peligrosa, porque estas lagunas acostumbran a cerrarse y entonces esta prueba de Dios se derrumba sobre sí misma. Así, el joven Emmanuel Kant esbozó una explicación mecánica del origen del sistema planetario, y Kant mismo era consciente de que aquel que no puede encontrar como Platón la grandeza del Creador precisamente en las leyes de la naturaleza cognoscible de una manera positiva, ése no tiene esperanza de encontrar la referencia al Creador en el hecho de que algunas de estas leyes sean infringidas. Kant estaba convencido de que no eran infringidas. Dios ha creado el mundo a través de sus leyes y no en contra de las leyes que él mismo ha dado. De esta manera se abrió la puerta a la investigación de las ciencias particulares —según los métodos de la moderna ciencia exacta de la naturaleza— también sobre la aparición de las distintas partes del mundo que conocemos, quizá incluso del universo entero.

Los últimos textos que usted ha podido leer son de nuestro siglo. Representan intentos, intentos de distintos investigadores de representarse con conceptos de la física actual el nacimiento y la estructura del mundo. Pero también en estos intentos se echa de ver que en el fondo todavía existe la misma relación, que existía ya en los viejos mitos babilónicos de la creación. Pues también en estos intentos se muestra que, más allá de aquello que todavía podemos describir espacialmente, o al principio de lo que podemos describir como historia temporal del mundo, fallan necesariamente los conceptos con los que trabajamos en nuestro ambiente inmediato. De tal manera fallan, que nos encontramos aquí ante los límites de nuestra posibilidad de comprender de qué se trata en este grande y misterioso todo de la naturaleza, y aquí no podemos por menos de recordar vivamente esos límites.

Einstein, por ejemplo, ha pensado que el mismo espacio del mundo pudiera tener una curvatura; él ha indicado motivos para esto en la teoría de la relatividad general, que no puedo exponer aquí, y a este pensamiento del espacio curvo ha unido la hipótesis de que posiblemente el espacio del mundo podría estar curvado de tal manera que su volumen total fuera finito. Que uno que echara a andar en el espacio en línea recta en una dirección determinada, al final volvería otra vez al punto de partida. Esta es una hipótesis de Einstein que hasta hoy no ha sido confirmada empíricamente, pero tampoco empíricamente contradicha. Ni siquiera es seguro que sea tan fácil examinarla algún día empíricamente. Pero demuestra que el pensamiento de las ciencias naturales de nuestro siglo toma por lo menos en consideración la posibilidad de modificar conceptos fundamentales en las fronteras de nuestro saber —en este caso, el concepto del espacio inmensamente extendido, que hasta ahora le había parecido a la ciencia de la Edad Moderna algo tan natural, incluso evidente—. Hay algo que lo avala; precisamente las investigaciones de Hubble han insinuado grandemente este pensamiento, de que el mundo ha tenido un principio en el tiempo. Este principio habría que colocarlo hace muchos miles de millones de años —hace poco tiempo se hablaba de cinco mil millones—, hoy las determinaciones más exactas parecen deducir un tiempo de quince mil millones. En todo caso, si esto fuera exacto, lo cual no nos atrevemos a afirmar con toda seguridad, habría que concluir que un tiempo anterior al tiempo de este principio, o el tiempo aproximado de este principio no puede siquiera ser definido físicamente de una manera inteligible. Posiblemente no se podría decir entonces que hubo tiempo antes de que el mundo apareciera, sino tal vez se debería sacar la conclusión de que el mismo tiempo ha tenido un principio. Un pensamiento, por otra parte, que no sólo se le ocurre ocasionalmente al

físico moderno, sino que fue pensado ya por San Agustín en el marco de su reflexión sobre las consecuencias filosóficas de la fe en la creación. Por otra parte, según mi opinión sería totalmente falso pensar que este pensamiento de que el mundo pueda haber tenido un principio temporal, permite una conclusión directa y positiva hacia una doctrina de la creación; permite igualmente, desde el punto de vista de las ciencias naturales, la conclusión de que el principio del tiempo significa el fin de aquello sobre lo que nosotros podemos tener un pensamiento razonable, de tal manera que aun el intento de incluir de nuevo este comienzo en el concepto de creación, sobrepasa con mucho en cualquier caso todo lo que puede ser dicho y probado científicamente. El texto de Hoyle arriba citado es la voz de un astrónomo moderno, que no participa de esta suposición de un principio temporal del mundo, sino que por el contrario ha desarrollado una teoría en cuyo marco es posible representarse un mundo que ha durado desde siempre y que durará sin límite. No se ha dicho aún la última palabra sobre cuál de las teorías hoy presentadas se adapta mejor a los hechos empíricos. Quisiera confesar que personalmente me inclino más a la opinión de que realmente hay que suponer un principio del mundo, pero quizá convenga que el final de una consideración de esta clase nos recuerde que en nuestra ciencia hay preguntas no solucionadas y quizá no solucionables.

CAPITULO II

IMAGEN DEL MUNDO Y ESPACIO COSMICO

DESDE LA ANTIGUA IMAGEN BABILONICA DEL COSMOS HASTA LA IMAGEN FISICA DEL MUNDO DE NUESTRO TIEMPO

Con un comentario de
WALTHER GERLACH

Nuestras representaciones generales del mundo acostumbramos a resumirlas en una «imagen del mundo». Esta imagen está esencialmente determinada por nuestros conocimientos de la estructura cósmica del mundo, por nuestro saber o por nuestras opiniones sobre el espacio del mundo. Estos han cambiado una y otra vez en el transcurso de la historia de la conciencia en las distintas culturas y épocas y han desarrollado imágenes del mundo muy diversas. Cada cultura y cada religión representa una imagen del mundo característica de ellas. En Europa hablamos de la imagen antigua del mundo, de la imagen del mundo de la Edad Media o de la Edad Moderna, y con esto nos referimos al mismo tiempo a determinadas «ideologías». Cuando éstas cambian, cambia también la «imagen del mundo».

En este concepto se entrecruzan preguntas e intereses muy diversos. Imagen del mundo es una palabra ambigua y oscura, de la cual sin embargo apenas si podemos prescindir; tampoco en la ciencia. Se habla de una imagen del mundo propia de las ciencias naturales, de una imagen del mundo física o biológica, e incluso también filosófica. El concepto pretende que se puede compendiar e ilustrar con imágenes el orden y las leyes de la naturaleza, o, todavía más en general, del «ser». Aún hoy se habla de una imagen de la naturaleza o del mundo de la física a pesar de que la moderna imagen matemática del mundo es una estructura muy poco intuitiva, abstracta, que ni posee rasgos plásticos ni es concebible en modo alguno como

un todo. La destrucción de la imagen del mundo cerrada en sí misma y mecanicista de la ciencia clásica de la naturaleza por la física cuántica y la teoría de la relatividad ha eliminado el antiguo sentido del concepto «imagen del mundo». Sin embargo, continúa la exigencia de la descripción de un todo universal del mundo, porque el hombre al parecer no puede prescindir existencialmente de buscar unidad en el contexto de su saber acerca del mundo, fragmentado en muchas partes. Por esto la pregunta acerca de la imagen del mundo es, al mismo tiempo, el gran «test» de la filosofía y de la física, a ver si existe *un* mundo que esté relacionado con leyes concordes elementales, o no.

El filósofo Martin Heidegger, en su tratado *El tiempo de la imagen del mundo*, defiende la tesis de que la desgracia del pensamiento occidental desde Platón consiste en haber puesto al mundo en imagen, y que la Edad Moderna es el tiempo de la imagen del mundo.

> «¿Qué es una imagen cósmica? Por lo visto, una imagen del mundo. ¿Pero qué significa aquí mundo? ¿Qué se entiende aquí por imagen? Mundo está aquí como denominación de lo existente en total. El nombre no está limitado al cosmos, a la naturaleza. Al mundo pertenece también la historia. Pero ni la naturaleza ni la historia ni ambas en su mutua penetración, que tan pronto desaparece como se incrementa, explican exhaustivamente el mundo. En esta relación está incluido también el fundamento del mundo, de cualquier forma que se imagine su relación con el mundo.
>
> En la palabra imagen se piensa, en primer lugar, en el trasunto de algo. Según esto, la imagen del mundo sería al mismo tiempo un cuadro de lo existente en total. Pero imagen del mundo dice aún más. Con ella nos referimos al mundo mismo, a lo

existente en total, tal y como es determinante y obligatorio para nosotros...

Donde el mundo se hace imagen, está incluido lo existente en total como aquello para lo que el hombre se prepara, como aquello que él por consiguiente quiere llevar ante sí, y tener ante sí, y situar ante sí de esta manera en un sentido decidido. Imagen del mundo, entendida esencialmente, se refiere no a una imagen del mundo, sino al mundo concebido como imagen».

Heidegger saca la conclusión de que lo existente en total es concebido por el «hombre imaginativo y productor», que todo lo existente «llega a ser existente en la representación», y que de esta manera ha nacido una nueva época.

«La expresión imagen del mundo de la Edad Moderna e imagen moderna del mundo dicen dos veces lo mismo y suponen algo que antes nunca pudo haber, a saber, una imagen del mundo de la Edad Media y una imagen del mundo antigua. La imagen del mundo no se convierte de medieval en moderna, sino el hecho de que en absoluto el mundo se convierta en imagen, señala la esencia de la Edad Moderna. Para la Edad Media, por el contrario, lo existente es el *ens creatum*, lo creado por el Dios personal creador como última causa...

Pero el ser del existente aquí nunca consiste en que éste sea llevado como algo concreto ante el hombre, en cuyo ámbito de decisión y de disposición es colocado y solamente así es existente...

Tan pronto como el mundo se hace imagen, se comprende la actitud del hombre como cosmovisión. Sin duda que la palabra cosmovisión insinúa la falsa interpretación, como si se tratara solamente de una consideración ociosa del mundo. Por esto se acentuó ya en el siglo XIX, con razón, que

cosmovisión significa también y ante todo visión de la vida. Que la palabra cosmovisión se mantenga como nombre para la postura del hombre en medio de lo existente, prueba con qué decisión el mundo ha llegado a ser imagen, tan pronto como el hombre ha llevado su vida como lo sujeto a la primacía del centro de referencia...

El suceso fundamental de la Edad Moderna es la conquista del mundo como imagen.

En éste, el hombre lucha por alcanzar la posición, en la que él pueda ser aquel existente que da la medida y marca la pauta a todo lo existente» [1].

La explicación de Heidegger de la Edad Moderna como época que estuvo determinada por la pretensión antropocéntrica de una imagen propia del mundo, hoy ya no es actual, en cuanto tiene por rasgo característico la conquista del mundo como imagen. En este sentido ha acabado ya la Edad Moderna. En la época espacial, bajo el creciente dominio de modos de pensar matemático-abstractos, de máquinas automáticas electrónicas y construcciones sintéticas ya no es determinante una representación plástica de una imagen modélica del mundo. La imagen del mundo, desde la teoría de la relatividad, no permite una ilustración a base de imagen, y a la vez que crece la estructura matemática de sus magnitudes elementales —análogamente a las de la materia y energía— la pérdida de plasticidad conduce al mismo tiempo a la pérdida de interpretación lingüística. El lugar de las imágenes del mundo es ocupado por fórmulas del mundo, galaxias y nebulosas. Por otra parte desde el fin del egocentrismo europeo, el mundo se nos muestra a la tierra en un pluralismo de innumerables imágenes del mundo que es imposible compaginar. Todas ellas tienen su propia historia, nacen y pasan, no de otra manera que los sistemas cósmicos estelares. La imagen moderna, científica del mundo no tiene nada que ver pri-

mariamente con el hombre y con sus perspectivas del mundo. Tampoco tuvo que ver al principio, en rigor, cuando los sumerios, egipcios o chinos de los primeros tiempos buscaban la figura y el orden del mundo. Sino que más bien sus imágenes del mundo estaban determinadas por la relación de los dos ámbitos del mundo, tierra y cielo. La tierra, representada al principio como disco redondo o montaña cósmica, nadaba sobre las aguas, estaba rodeada por el mar cósmico —el espacio del dominio del Océano para los griegos—. La imagen del mundo válida para la antigüedad y para la Edad Media ha estado determinada en sus líneas fundamentales por la imagen del mundo astrológica de los babilonios, sistematizada por los caldeos y acadios.

Era una imagen del mundo visto desde el cielo. Los movimientos de los siete planetas entonces conocidos —Sol y Luna, Júpiter, Marte, Venus, Saturno, Mercurio (según sus nombres romanos)— articulaban el cielo en sus esferas. Estos astros considerados como dioses —cuyo movimiento caprichoso expresaba un poder determinante del destino— daban vueltas en el dique del cielo, en el «firmamento» que separaba la bóveda celeste del océano celeste, y pasaban de casa en casa —las doce viviendas del Zodíaco, sus estaciones de constelaciones en el año de los mundos—. Las construcciones de torres en Babel relatadas por la Biblia, las torres escalonadas llamadas «Zigurat», servían a la comunicación cultual con los dioses astrológicos, que dominaban la vida en el cielo y en la tierra. La bóveda del cielo descansaba sobre un fundamento fijo (el «horizonte»), y la montaña del mundo estaba sujeta al cielo en sus cuatro esquinas por medio de maromas. En el lejano Occidente, donde el sol todos los días desciende para emprender su viaje por los infiernos, estaba el reino de los muertos defendido por siete murallas y puertas. Cielo y atmósfera, la tierra firme, agua e infiernos formaban los tres reinos del

mundo como regiones regidas por los dioses más grandes. En el *Génesis* del Antiguo Testamento leemos que Dios construye el mundo según esta imagen, si bien los dioses astrológicos son destronados y convertidos en simples luces.

> «Y Dios dijo: Haya un firmamento entre las aguas, y él sea una separación entre las aguas.
>
> Entonces hizo Dios el firmamento y separó el agua de debajo del firmamento del agua sobre el firmamento. Y sucedió así. Y al firmamento Dios le llamó cielo. Entonces hubo de tarde y mañana el segundo día.
>
> Y Dios dijo: Júntese el agua de debajo de los cielos en lugares determinados, para que aparezca lo seco.
>
> Y así sucedió.
>
> Y a lo seco llamó Dios tierra, y a la reunión de las aguas llamó mar».

Junto a las imágenes teológicas del mundo aparece en la antigüedad griega la imagen de la filosofía de la naturaleza. «Este orden del mundo», enseñaba Heráclito, «el mismo para todos los seres, no lo creó ni un Dios ni un hombre, sino que existió siempre y su fuego eternamente viviente existirá siempre, ardiendo según medida y consumiéndose según medida».

En sus escritos *Sobre el cielo* investiga Aristóteles, más sobrio que Platón, las preguntas principales del nacimiento, duración y figura del mundo, y resumiendo explica en su segundo libro:

> «... que el cielo en total no ha comenzado a ser ni puede acabar, como algunos piensan, sino que es uno y eterno y en su duración total no tiene principio ni fin y contiene y abarca en sí mismo el tiempo sin fronteras...
>
> Los antiguos asignaron a los dioses el cielo y el

lugar elevado, porque solamente él es inmortal. Nuestra exposición atestigua que también es imperecedero y sin origen, más todavía, invulnerable ante cualquier acoso mortal y además sin esfuerzo, porque no requiere necesidad violenta alguna, que le impediría seguir su movimiento natural... Por tanto no se debe dar crédito a las tradiciones antiguas que afirman que necesita el apoyo de cierto Atlas. Quien ha inventado esta narración parece haber tenido la misma idea que los posteriores. Pues, como si los cuerpos en la altura fueran todos pesados y de tierra, consolidan el cielo de una manera mítica por medio de una necesidad animada. No se debe, pues, concebirlo así y tampoco creer que a causa del torbellino recibió una velocidad mayor que la que es propia de su empuje y que por eso aún se mantuvo un momento, como dice Empédocles» [2].

En sus pensamientos sobre el lugar y el movimiento de la tierra describe y explica Aristóteles la imagen geocéntrica del mundo:

«Hablaremos en primer lugar de si posee movimiento o está quieta. Pues como dijimos: Unos hacen de ella uno de los astros, otros la ponen en el centro y la hacen balancearse y moverse en torno al polo central.

Que esto es imposible aparece claro desde el momento en que tomamos como punto de partida el hecho de que, si en absoluto se mueve, este movimiento es necesariamente un movimiento violento. Pues no es el movimiento propio de la tierra. Porque de lo contrario cada una de sus partes tendría este movimiento. En realidad, cada parte se mueve rectilíneamente hacia el centro. Luego no es posible que aquel movimiento sea eterno, ya que es violento y contra la naturaleza. Pero el orden del cosmos

es un orden eterno. Además se demuestra que todos los cuerpos que llevan a cabo movimiento circular, se quedan atrás y tienen varios movimientos, de tal manera que también la tierra, si se mueve alrededor del centro o en el centro, debería tener dos movimientos. Pero en este caso deberían producirse desplazamientos y virajes de los astros acoplados. Ahora bien, esto parece no suceder, sino que los astros salen y se ponen siempre en el mismo lugar de la tierra.

Además el movimiento natural de su todo y de sus partes se produce hacia el punto central del universo. Por tanto, está también fija de hecho en el punto central. Ahora se podría preguntar, puesto que el punto central es el mismo para el universo y para la tierra, hacia qué punto se mueven las cosas pesadas y las partes de la tierra según su naturaleza: ¿hacia el centro, en cuanto es punto central del universo, o hacia él en cuanto es punto central de la tierra? Evidentemente hacia el punto central del universo. Pues lo ligero y el fuego se mueven en dirección opuesta a lo pesado, y por cierto hacia el límite más extremo del lugar que rodea al punto central. Es por tanto accidental que el punto central de la tierra y del universo sea el mismo... La tierra debe estar notoriamente en el punto central, por las causas apuntadas y porque los pesos lanzados hacia arriba verticalmente vuelven a caer en el mismo punto, aun cuando la fuerza los lanzara ilimitadamente lejos.

Que la tierra, pues, no se mueve y que no se encuentra fuera del punto central, resulta claro de lo dicho» [3].

La primera conmoción filosófica duradera de la imagen del mundo de la Edad Media, determinada por el *Génesis* y por la filosofía aristotélica, tuvo lugar alrededor de 1500 años después de la muerte de

Aristóteles por obra del cardenal Nicolás de Cusa, que traspasó las fronteras dogmáticas de la Escolástica. Místico y humanista, concibe la infinitud de Dios no más allá del mundo creado, sino en medio de él, y considera al hombre como compañero de Dios en el mundo. Ahora por primera vez alcanza el hombre su posición central. La imagen del mundo geocéntrica, trascendida teológicamente, se hace antropocéntrica y se extiende al mismo tiempo en la infinitud espacial. En este umbral de la Edad Moderna convoca Nicolás de Cusa la coincidencia de las oposiciones: *coincidentia oppositorum* y enseña el saber «inexacto» en su libro acerca de la *docta ignorantia*, publicado en 1440. La tierra ya no es el punto central del mundo:

> «Ahora sabemos que el universo es triple, que no existe nada que no conste de posibilidad, realidad y movimiento combinado, y que ninguno de estos tres principios existe por sí sin los otros, de tal manera que necesariamente están en todas las cosas, y por cierto de una manera tan distinta en relación con los distintos niveles, que no hay en el mundo dos cosas que puedan ser en todo respecto totalmente iguales. Por esto es imposible que la bóveda del mundo deba tener como punto central fijo e inamovible para los diversos movimientos de las esferas a esta tierra visible o al aire o al fuego o a cualquier otra cosa. Pues en el movimiento no se llega a algo que sea sencillamente lo más pequeño, a saber, al punto central fijo, puesto que lo más pequeño debería coincidir con lo más grande. El punto central del mundo coincide por tanto con su perímetro. Por eso el mundo no tiene perímetro. Pues si tuviera un punto central, tendría también un perímetro y de esta manera tendría en sí su principio y su fin; y entonces estaría limitado por otra cosa, y fuera de este mundo existiría todavía algo y por consiguiente también espacio. Pero todo esto

carece de verdad. Puesto que no es posible que el mundo esté contenido entre un punto central corporal y un perímetro, no es reconocido como el mundo cuyo punto central y perímetro es Dios. Y a pesar de que el mundo no es infinito, no puede sin embargo ser imaginado como finito, puesto que carece de fronteras en las que pudiera estar comprendido» [4].

Nicolás de Cusa destruye el pensamiento tradicional de un punto central, en cuanto critica, por una parte, los presupuestos métricos matemáticos y, por otra, opone al pensamiento cuantitativo, que él considera ya antes de su propio desarrollo, las exigencias cualitativas de un orden del mundo, cuyo verdadero centro —punto central y perímetro— es Dios.

«La tierra, puesto que no puede ser punto central, no puede estar libre de movimiento... Por tanto, de la misma manera que la tierra no puede ser el punto central del mundo, tampoco la esfera de las estrellas fijas es su perímetro; a pesar de todo parece, si se compara la tierra con el cielo, que aquélla está más próxima al centro, éste más cerca del perímetro.

... El punto central del mundo no está tampoco más dentro que fuera de la tierra, ni tiene la tierra misma o cualquier otra esfera un punto central. Pues, dado que el punto central es aquel que tiene la misma distancia con relación a todos los puntos del perímetro y no es posible que exista una esfera totalmente perfecta y un círculo totalmente perfecto que no pudieran ser aún más perfectos, de aquí que evidentemente no pueda haber un punto central sin que se pueda determinar uno más verdadero y exacto. Una distancia exactamente igual a lo diverso no puede ser encontrada fuera de Dios, puesto que él solamente es la igualdad infinita. Por tanto,

quien es el punto central del mundo, a saber Dios, es también el punto central de la tierra, de todas las esferas y de todas las cosas del mundo. El es, al mismo tiempo, perímetro infinito de todas las cosas...» [5].

Los argumentos que Nicolás de Cusa emplea para probar el movimiento de la tierra, se nos antojan especialmente modernos, desde que conocemos las condiciones esenciales de la teoría de la relatividad de Einstein:

«Para nosotros ahora está claro que la tierra se mueve realmente, nos parezca o no nos parezca así. Pues percibimos el movimiento únicamente en relación con lo que está quieto. Por tanto, si alguien que se encontrara en un barco en medio del agua, no supiera nada del correr del agua y no viera la orilla, ¿cómo podría apreciar que el barco se mueve? A cada uno le parece, se encuentre en la tierra, en el sol o en cualquier otra estrella, como si estuviera él en un punto central inmóvil y como si todo lo demás se moviera. El se fijaría ciertamente polos del cielo correspondientes, según se encontrara en el sol, en la tierra, en la luna o en Marte. De esta manera, el edificio del mundo tendrá en todas partes su punto central y en ninguna parte su perímetro; pues su perímetro y punto central es Dios, que está en todas partes y en ningún sitio» [6].

Cien años más tarde cambia la imagen del mundo. Nicolás Copérnico envía su doctrina astronómica acerca de una nueva imagen heliocéntrica del mundo al Papa Pablo III con un prefacio sumamente respetuoso:

«Santísimo Padre, puedo imaginarme suficientemente que cierta gente, en cuanto sepan que, en es-

tos libros que he escrito acerca de los movimientos circulares de los cuerpos del mundo, atribuyo ciertos movimientos a la esfera terrestre, querrán en seguida declarar que por esta opinión debo ser condenado. Lo mío no me gusta tanto como para que no deba tener en cuenta lo que los demás piensan de ello. Y aunque yo sé que el conocimiento del filósofo no está sometido al juicio de la muchedumbre, porque su deseo consiste en investigar la verdad en todas las cosas, en cuanto le es permitido por Dios a la razón humana: sin embargo, sostengo que se deben evitar opiniones que estén totalmente apartadas de la verdad. De aquí que, cuando meditaba conmigo mismo, por qué clase de malsonante cebo de los oídos lo tomarían aquellos que aceptan como probada por el juicio de muchos siglos la opinión de la inmovilidad de la tierra, si yo afirmo por el contrario que la tierra se mueve: dudé mucho tiempo si debería publicar los Comentarios que he escrito para probar su movimiento, o si sería mejor seguir el ejemplo de los pitagóricos y de otros, que acostumbraban a transmitir los secretos de la filosofía solamente a sus familiares y amigos y no por escrito, sino de palabra (como lo demuestra la carta de Lisias a Hiparco).

Pero mis amigos me disuadieron de esto, a pesar de que titubeé largo tiempo e incluso me opuse... Y así, admitiendo los movimientos que en el libro siguiente atribuyo a la tierra, y por medio de muchas y continuadas observaciones he encontrado por fin que, si los movimientos de los restantes planetas son transferidos a la revolución de la tierra y si esta revolución se pone como fundamento de la circulación de todo astro, no solamente se infieren de aquí los fenómenos de aquéllos, sino que además las leyes y tamaños de las estrellas y todas sus órbitas y el cielo mismo están tan relacionados entre sí que en ninguna de sus partes puede ser

cambiado algo sin turbación de las partes restantes y de todo el universo...» [7].

Ahora la tierra había sido trasladada al cielo, se movía en torno al sol como uno de los restantes planetas del universo. La exigencia gigantesca que el «cambio de Copérnico» presentaba a la imagen escolástica del mundo estaba en que, como en pocas palabras explicaba Hans Blumenberg, «la orientación de arriba a abajo es en la escolástica al mismo tiempo la escala de valor y dignidad de las realidades físicas. En esta orientación tenía valor la frase aristotélica, de que el origen del movimiento determina dónde es arriba: *sursum est unde motus*». El mundo ya no era movido de arriba a abajo, de fuera a adentro, sino desde abajo, a través de la tierra, y el movimiento circular de las estrellas fijas, al que «correspondía la más sublime regularidad, la más próxima y más exacta acción del Dios motor», en el sistema de Copérnico era solamente un movimiento aparente condicionado por los cuerpos más bajos del mundo. Copérnico ha «concentrado los movimientos reales del cosmos en la provincia más interior de éste, lo que significa que los ha convertido en paradigma de la inmanencia cósmica» [8]. La secularización de la imagen del mundo, designada con el término de Edad Moderna, consiste no solamente en que el hombre consigue ahora la propia magnificencia de su conciencia del mundo, sino en que rompe con la tradición referente al orden total del universo, la cual le asignaba su puesto en el centro del mundo inmovible, que ocupaba el valor más ínfimo en la jerarquía escalonada desde el más elevado cielo de Dios. La pérdida de este puesto estable del mundo como destrucción de una orientación central es por otra parte idéntica con la pérdida de la orientación del mundo hacia lo sensorial perceptible. Sometido ahora a la dirección abstracta de la verdad objetiva de la ciencia de la naturaleza,

que mide cuantitativamente, el hombre se convierte en ciudadano de dos mundos disociados que suscitan su incomparable conciencia propia en la expuesta libertad.

En la honda tensión de aquella marcha se mezclaban y se unían, en primer lugar, precisamente aquellas tradiciones que fueron despertadas de nuevo por el Renacimiento, con la nueva doctrina: sobre todo la filosofía de Epicuro, que hablaba de un número infinito de mundos, con el panteísmo neoplatónico, en el concepto místico del alma del mundo y en el todo-uno de Plotino. De la amalgama de tales filosofías no cristianas, de la conciencia de la infinitud del mundo, preparada por Nicolás de Cusa, y del nuevo sistema de Copérnico se acuñó el pensamiento de aquella figura trágica que acabó por sucumbir en la oposición a la imagen aristotélica del mundo: Giordano Bruno, antiguo monje dominico. En 1584 había escrito su obra principal *Della causa, principio ed uno*, en la cual cantaba al nuevo cosmos con el número infinito de sus soles y concebía la infinitud de Dios como la del universo. En 1600 fue quemado en Roma en la hoguera como hereje.

El mismo año llega Johannes Kepler a ser astrónomo imperial en Praga después de la muerte de Tycho Brahe. Como se ha dicho ya en el capítulo anterior, en él se muestra la tensión del nacimiento de la Edad Moderna en la divergencia entre conocimientos exactos matemático-físicos y una profunda piedad mística. Para él su mundo religioso quedó intacto, porque él trascendió a su manera la nueva imagen del mundo. El reconoce al sol, aceptado ahora como inmóvil, como el centro en reposo que simboliza el lugar de Dios, el *primum mobile* que mueve sin ser movido, y puede alabar fervorosamente la infinitud de Dios en el mundo en un tono dominante de libertad nueva muy afín al panteísmo de Giordano Bruno. Arrobado anuncia en la dedicatoria del *Mysterium Cosmographicum:*

«No hay nada más grande ni más extenso que el universo. ¿Se exige dignidad? Nada hay más precioso, nada más bello que nuestro brillante templo de Dios. ¿Se desea conocer algo misterioso? En la naturaleza no hay ni hubo nada más oculto. La única causa de que mi objeto no satisfaga a todos es que su utilidad no convence a la falta de pensamiento. Se trata aquí del libro de la naturaleza, tan alabado por la Sagrada Escritura. Pablo se lo pone delante a los paganos, para que puedan ver en él a Dios como al sol en el agua o en el espejo. ¿Por qué debemos nosotros, cristianos, gozarnos menos en su consideración, ya que es nuestra obligación alabar, venerar y admirar a Dios de la manera verdadera? Nuestra devoción es tanto más profunda, cuanto mejor conocemos la creación y su grandeza. En verdad ¡cuántos himnos de alabanza cantó al creador, al verdadero Dios, David, el verdadero servidor! Los pensamientos de estos himnos los sacó de la contemplación admirativa del cielo. Los cielos anuncian la grandeza de Dios, dice él: Miraré a tus cielos, la obra de tus manos, a la luna y a las estrellas que tú has fundado. Grande es nuestro Señor y grande su poder; él cuenta la multitud de las estrellas y llama a todas por su nombre. En otro lugar, lleno del Espíritu Santo, lleno de santa alegría, grita al universo: Vosotros, cielos, alabad al Señor; alabadle, sol, luna, etc. ¿Tiene voz el cielo, tienen voz las estrellas? ¿Pueden ellas alabarle como el hombre? Sí, nosotros decimos que ellas mismas alaban a Dios, en cuanto que ofrecen al hombre pensamientos para alabanza de Dios. Así nosotros soltamos la lengua al cielo y a la naturaleza en las páginas siguientes, y hacemos que su voz resuene fuertemente; y, al hacer esto, nadie nos culpe de un esfuerzo vano e inútil» [9].

Cuando Kepler escribía esto, descubría Galilei las

leyes del péndulo. En la panteísta afirmación del mundo de Bruno, Kepler y de Spinoza más tarde se podía conciliar nueva exigencia racional de conocimientos filosófico-naturales y la comunicación mística con Dios, pero en el transcurso del siglo XVI la cada vez más sistematizada investigación de la naturaleza, impulsada por el renacimiento de la antigüedad, se dedicó al descubrimiento de la naturaleza con una curiosidad ebria de progreso, de tal manera que la exigencia imparcial de conocimientos reales empíricos y de acopio de material desplegó la fuerza propia de los hechos. Esta investigación de la naturaleza preparó el cambio de Copérnico, que se resolvió por primera vez en el proceso de Galilei. Magallanes y Vasco de Gama habían dado la vuelta al mundo y descubierto el camino marítimo hacia la India. El mismo año en que apareció *De revolutionismo*, 1543, Andrés Vesalius, famoso primero por sus autopsias, fundó la nueva anatomía, *De humani corporis fabrica*. Georg Agricola creó la primera mineralogía con su tratado sobre las piedras y los fósiles, *De natura fossilium*, en 1546. En 1551 salió a luz el primero de los cuatro tomos de la *Historia de los animales* de Konrad Gesners, comparable a la obra de Leonhard Fuchs aparecida ya en 1542, *Historia de las plantas*. Se fundan los primeros jardines botánicos. A partir de 1554 publica Ulises Aldrovandi catorce tomos de un Herbario, en el que están descritas 15.000 plantas. Desde 1569 Gerhard Mercator produce mapas del mundo en proyección angular, sobre fundamento matemático. Se perfeccionaron la trigonometría y las matemáticas. En 1576 esboza François Viète el cálculo decimal. En 1600, cuando Galilei descubre la ley de la inercia, se descubre en Holanda el telescopio y el matemático William Gilbert, en su libro *De magnete*, explica el magnetismo y la rotación de la tierra (aunque no siguió la doctrina de Copérnico sobre el movimiento de la tierra en torno al sol). De la misma manera que

en la filosofía de la naturaleza se unió el pensamiento racional con ideas metafísicas y místicas, también, paralalelamente al gran crecimiento de las matemáticas y de la investigación experimental de la naturaleza, se desarrolló la magia de la naturaleza y la alquimia. Cuán difícil fuera conciliar el saber de la Edad Media con la objetividad de la metodología científica y cambiarlo, lo demuestra —aun hoy día— no sólo el desarrollo de la astrología, sino también el de la medicina, donde sobre todo se debe pensar en Paracelso, cuya *Gran Cirugía* apareció en 1536.

Si el proceso de Galilei había puesto de manifiesto la incompatibilidad de las leyes de la naturaleza, fundamentadas matemáticamente, con una imagen del mundo, determinada dogmáticamente, la ciencia mecanicista de la naturaleza, fundada por él (concebida entonces en general como filosofía de la naturaleza), consiguió en el transcurso del siglo XVII su base filosófica gracias al riguroso racionalista René Descartes. Espíritu y materia fueron separados, independizados en una alteridad dualista. La cosa del pensamiento y de lo subjetivo fue separada de la cosa de la materia —identificada por él con el espacio— en su objetividad propia. En 1637 publicó su *Discours de la méthode*, en 1641 las *Meditaciones* (cfr. cap. III, pág. 106 sig.).

Si la ciencia matemática de la naturaleza alcanza por primera vez su maduración completa con la mecánica celeste de Isaac Newton, sin embargo, ya había contribuido esencialmente a ello Francis Bacon al principio del siglo con su exigencia de una investigación experimental de los hechos, de tal manera que se consagró a la investigación empírica de la naturaleza. «El hombre puede tanto como sabe»: *tantum possumus quantum scimus*, había anunciado, y de él procede el leit-motiv de la Edad Moderna «saber es poder». La única fuente de conocimiento en la que se puede confiar es la experiencia, que descansa sobre

la observación. Los títulos de sus escritos, que han quedado en parte en un estado fragmentario, apostrofan la nueva exigencia del saber: *De dignitate et augmentis scientiarum*, De la dignidad y aumento de las ciencias (1605), *Novum organum scientiarum*, Nuevo órgano de las ciencias (1620), y *Nova Atlantis* como visión de una época científica. Pero es característico de Bacon el hecho de que no era matemático. Siendo un jurista y hombre de estado se consagró al estudio de la filosofía de la naturaleza, y sus experimentos, llevados a cabo con métodos ingenuos, permanecieron, en oposición a Galilei, en el ámbito de la experiencia y no consiguieron fundamentación alguna de las leyes de la naturaleza.

Y la ciencia de la naturaleza aspiraba a alcanzar regularidad y ley con precisión matemáticamente formulable, y, desde sus comienzos en el siglo XVI, coincidía plenamente con el ideal del Renacimiento de un mundo bien proporcionado.

La antigua afirmación del mundo había creado el ideal de unas dimensiones armónicamente proporcionadas. El hombre comenzó a enderezar el mundo desde aquí abajo a su medida. La altura de visión del propio punto de vista determinó la perspectiva antropomórfica, en la que un mundo objetivo visible fue clasificado y espacialmente calculado. Este ideal de un mundo armónico en bello equilibrio según modelos de la antigüedad clásica entró de nuevo con la Contrarreforma en discusión con la concepción cristiana del mundo, y ahora con la dinámica de un sentimiento del espacio conocedor de lo infinito. Las tensiones antitéticas se descargan en la embriaguez de movimiento del Barroco. En las cúpulas gigantescas de las vistosas catedrales se hace visible plásticamente el vuelo hacia el infinito, la imagen del mundo se convierte en visión trascendente del mundo, el reino de Dios asciende al cielo ahora abierto, mientras que el hombre descubre y conquista su tierra como su mundo.

El espíritu más universal entre los grandes pensadores del siglo XVII, Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), ensalza en su *Teodicea* la conciencia barroca del mundo. El ve la tierra como «un punto insignificante en el océano del universo» y habla de la «alegría cósmica», de alabar el universo como reino de Dios:

«Hoy se debe necesariamente reconocer, cualquiera que sean los límites que se ponga o no se ponga al universo, que existe una cantidad innumerable de globos cósmicos que son tan grandes o más que nuestra tierra y que tienen tanto derecho como ésta a tener habitantes racionales, aunque no es preciso que sean hombres. La tierra es solamente un planeta, es decir, uno de los seis satélites principales de nuestro sol, y puesto que todas las estrellas fijas son a su vez soles, se ve claro cuán insignificante es nuestra tierra en comparación con las cosas visibles, ya que no es más que un satélite de uno de aquellos soles. Posiblemente todos aquellos soles estén habitados exclusivamente por criaturas felices, y nada nos obliga a suponer que haya allí muchos condenados, pues pocos ejemplos o muestras son suficientes para el provecho que lo bueno extrae de lo malo. Como además no hay fundamento para la opinión de que hay estrellas en todas partes, ¿no sería posible que más allá de la región de las estrellas hubiera un amplio espacio? Sea éste el cielo del fuego o no, siempre puede este espacio gigantesco que rodea toda la región de las estrellas estar lleno de dicha y de felicidad. Se le puede considerar como el océano, donde desembocan las corrientes de todas las criaturas felices, si han llegado a la perfección en el sistema estelar. ¿Qué significa, por el contrario, nuestro globo terráqueo y sus habitantes? ¿No es algo en comparación más pequeño que un punto físico, ya

que nuestra tierra en comparación con la distancia de algunas estrellas fijas es solamente un punto? Por tanto, puesto que la parte del universo que nosotros conocemos, se pierde casi en la nada en comparación con la parte que no conocemos y a pesar de todo podemos suponer con razón que existe, y puesto que todos los males, que pueden oponérsenos no como objeción, se encuentran solamente en este casi-nada, es posible que también los males sean un casi-nada en comparación con los bienes que se encuentran en el universo» [10].

Como el Kepler que buscaba la armonía del mundo, que concibió la naturaleza como templo de Dios y que no podía conformarse con la verdad de los conocimientos científicos, así Leibniz se diferencia de sus contemporáneos —en especial, de su más grande contemporáneo, de Newton, tres años más joven que él— en que no le satisfacía el mecanismo causal de los conocimientos de las leyes de la naturaleza y en que planteó la pregunta metafísica acerca del motivo, de la finalidad del mundo. Debía existir necesariamente un «motivo suficiente para le existencia del universo», y este motivo último de las cosas, al cual todas se refieren y según el cual todas están ordenadas, era para él Dios. Si Newton era de la opinión de que Dios podría haber creado el mundo también de otra manera, si hubiera querido otras leyes de la naturaleza, Leibniz estaba convencido de que «este mundo es el mejor de todos los posibles». «De la suprema perfección de Dios se sigue que en la creación del universo ha elegido el mejor plan posible, según el cual se une la mayor variedad con el mayor orden». (Cfr. cap. V, pág. 206).

También para Newton el mundo era impensable sin Dios. Pero en el sistema del mundo regulado automáticamente por la atracción de masas de la ley de la gravedad y por la ley de la inercia, según leyes for-

muladas de fuerza y de movimiento —cfr. págs. 130 y ss.—, Dios no tenía ya nada que hacer —una vez puesto el mundo en movimiento—, ni existía tampoco finalidad alguna de este mundo, en el que el hombre estaría invitado a aspirar a una felicidad ideal. El Dios de la imagen física del mundo de la Edad Moderna, era un Dios de las matemáticas y del entendimiento racional en un mundo sin alma. Este fue el conflicto de Blaise Pascal. El, que como matemático importante fundó el cálculo de probabilidades y construyó máquinas de calcular, reconoció como Leibniz los límites de la explicación matemática del mundo y del racionalismo, que no da al hombre respuesta alguna a la pregunta ética sobre su lugar y tarea en el mundo. La verdad, que él por último conoció —murió a los treinta y nueve años en 1662—, era la *logique du coeur*, aquella mística lógica de amor del corazón que él opuso a la lógica matemática de la *ratio*. En el *Memorial* clamó al «Dios de Abrahán y de Isaac, no al Dios de los filósofos y de los sabios».

Cien años más tarde, en el más alto apogeo de la imagen mecanicista del mundo, no queda lugar alguno en el universo para Dios. «Yo no necesito esta hipótesis», responde el más significado de los discípulos de Newton, Laplace, a la pregunta de Napoleón, qué papel jugaba Dios en su sistema del mundo. La ciencia de la naturaleza venció en la Ilustración, en la fe en la razón autónoma. El filósofo Emmanuel Kant rechaza la prueba cosmológica de Dios después de haberse enfrentado en su *Teoría del cielo* con la pregunta acerca del mundo como creación de Dios. (Cfr. capítulo I, pág. 40 s.)

> «... ¿Cuál será, por último, el fin de las construcciones sistemáticas? ¿Dónde terminará la creación misma? Se echa perfectamente de ver que, para pensar a la creación en una relación con la fuerza del ser infinito, no debería tener frontera

alguna. No se aproxima uno más a la infinitud de la fuerza creadora de Dios, si se encierra el espacio de su revelación en una esfera, descrita con el radio de la vía láctea, que si se pretende limitarla a un globo de una pulgada de diámetro. En última instancia todo lo que tiene límites y una relación determinada a la unidad, está separado igualmente de lo infinito. Ahora bien, sería absurdo poner en actividad a la divinidad con una parte infinitamente pequeña de su poder creador, y concebir su fuerza infinita, el tesoro de una verdadera inmensidad, despreocupada de naturalezas y mundos y encerrada en una carencia eterna de ejercicio. ¿No es mucho más decoroso, o mejor dicho, no es necesario concebir la esencia de la creación como debe ser, para que sea un testimonio de aquella fuerza que no puede ser medida con módulo alguno? Por este motivo, el campo de revelación de las propiedades divinas es tan infinito como éstas mismas. La eternidad no es suficiente para abarcar los testimonios del ser supremo, donde no esté unida a la infinitud del espacio... La creación nunca está terminada. Sin duda que comenzó una vez, pero no terminará nunca. Está siempre en acción produciendo más comienzos de la naturaleza, nuevas cosas y nuevos mundos. La obra que lleva a cabo dice una relación al tiempo que emplea para ello. No necesita menos de una eternidad para vivificar toda la extensión ilimitada de los espacios infinitos con mundos sin número y sin fin» [11].

Kant manifiesta aquí pensamientos sobre una actividad creadora que se lleva a cabo en el tiempo, evolutiva en el espacio aceptado como infinito. Después de que la ciencia conquistó en el siglo XIX su total independencia de la autoridad teológica, pero la ciencia experimental de la naturaleza y la filosofía no se dejaron configurar por un principio metafísico que

las engranara conjuntamente, se ha intentado una y otra vez esbozar especulativamente sistemas filosóficos del mundo, para representar al mundo y a su historia según ideas de orden universalmente reconocidas, absolutas, sobre todo por los filósofos del idealismo alemán, Fichte, Schopenhauer, Schelling y Hegel. Hendidas en oposiciones dualísticas, numerosas imágenes divergentes del mundo se vieron envueltas en una competencia del idealismo con el materialismo y realismo, que dura hasta hoy y que juega un papel importante en las ideologías políticas. Mientras tanto, la ciencia de la naturaleza, dominada sobre todo por el materialismo ateo, se orientó hacia la objetivación de la naturaleza como «mundo exterior» según leyes exactas de causalidad de la física determinística clásica. Esto no significa la renuncia a cuestiones filosóficas sobre el sentido y la finalidad del mundo. Junto al concepto mecanicista del mundo científicamente exacto aparece la cosmovisión privada con matices filosóficos o religiosos. Entre los físicos que por el influjo de la filosofía idealista estaban profundamente convencidos de la realidad de un espíritu absoluto del mundo, es Max Planck el más significado. Durante toda su vida se esforzó en justificar filosóficamente la investigación física y la realidad metafísica del mundo exterior. He aquí algunos textos de sus conferencias sobre *Nuevas órbitas del conocimiento* (1913) y *Ley de causalidad y libertad de la voluntad* (1923):

«Supongamos que se haya encontrado una imagen física del mundo que satisfaga a todas las exigencias posibles y que pueda por tanto representar con una exactitud perfecta todas las leyes de la naturaleza encontradas empíricamente. Entonces la afirmación de que esta imagen es semejante, aunque sólo sea en cierta medida, a la naturaleza 'real' no podrá ser demostrada de ninguna manera. Pero esta frase tiene también un revés que normalmente

se acentúa demasiado poco: Exactamente igual tampoco podrá ser rechazada la afirmación —aún más atrevida— de que la imagen del mundo propuesta reproduce con fidelidad absoluta la naturaleza real en todos sus puntos sin excepción. Pues solamente para emprender una tal refutación, se debería poder decir algo con seguridad de la naturaleza real, lo cual evidentemente está del todo descartado. Vemos que aquí se abre un gigantesco vacío, en el cual ninguna ciencia puede penetrar; y llenar este vacío no es cosa de la razón pura, sino de la práctica, es cosa de una cosmovisión sana.

Si es verdad que una cosmovisión no puede probarse científicamente, sin embargo podemos con toda seguridad confiar en que resistirá imperturbable todo asalto, mientras permanezca en concordancia consigo misma y con los hechos de experiencia. Pero no creemos que es posible, aun en la más exacta de todas las ciencias de la naturaleza, dar un paso adelante prescindiendo totalmente de una cosmovisión, es decir, de hipótesis indemostrables. También para la física vale la frase de que no se es feliz sin la fe, por lo menos sin la fe en una determinada realidad fuera de nosotros» [12].

Se reconoce que Planck justifica la exigencia de una separación del mundo exterior e interior en la física por medio de las tesis metafísicas de lo absoluto, lo ideal, como enseñó la filosofía alemana del idealismo.

«Lo que vale en el ámbito de la naturaleza debe primero ser aplicable a la vida del espíritu. El fundamento y la condición de toda auténtica ciencia fructífera es la hipótesis metafísica de la existencia de un mundo exterior autónomo, que no dependa en absoluto de nosotros, del cual, por otra parte,

nosotros podamos tener conocimiento directo sólo por nuestros sentidos especiales, como cuando nosotros podemos descubrir un objeto extraño solamente a través de unas gafas que en cada hombre muestran un colorido algo distinto; hipótesis que no puede naturalmente estar fundamentada por lógica, pero que tampoco puede ser rechazada por lógica. Así como no se nos ocurre hacer responsables a las gafas de todas las propiedades de la imagen concebida, sino que más bien ponemos sumo cuidado en tener en cuenta en la formación de nuestro juicio sobre el objeto los coloridos condicionados por las gafas, por buenas que éstas sean, de la misma manera la primera exigencia del pensamiento científico es reconocer y llevar a cabo la separación del mundo exterior del mundo interior» [13].

A esta exigencia fundamental de la física clásica fue fiel Max Planck hasta el fin, a pesar de que con el descubrimiento del quantum elemental de la energía de irradiación en el primer año de nuestro siglo abrió la puerta a una física nueva, que no obedecía a las leyes clásicas de la energía: la física quántica de la época atómica, en la que se destruye la imagen determinística del mundo de la causalidad incondicional en las fronteras de la objetividad de sucesos físicos (cfr. caps. V y VI). Con la teoría de la relatividad y con la teoría quántica ha terminado la época de una imagen unitaria del mundo de las ciencias naturales. En 1941 describía Werner Heisenberg sus líneas fundamentales como una idealización de la realidad:

«Aquel tiempo (fines del siglo XIX) poseía en cierta manera una imagen unitaria del mundo de las ciencias naturales: El mundo estaba compuesto de cosas en el espacio, que se transformaban regularmente en el tiempo por acción y reacción. El

cambio se llevaba a cabo en virtud de su movimiento en el espacio, y también de un cierto movimiento interior de las distintas partes, y en virtud del cambio de cualidades materiales (del color, de la temperatura, de la solidez), donde tal vez los cambios de las cualidades había que atribuirlos a su vez a los movimientos de las partes más pequeñas, los átomos. A esta imagen del mundo se la puede calificar como una idealización de la realidad, en la que espacio y tiempo son considerados como esquemas de orden independientes, dentro de los cuales son proyectados los sucesos como algo que realmente transcurre. Esta es precisamente la idealización que sirve de fundamento a la mecánica de Newton, y la mecánica fue sin duda el modelo metódico de toda la ciencia de la naturaleza» [14].

La imagen clásica del mundo como «idealización de la realidad» ha desaparecido con la física atómica. La mecánica quántica no permite imagen alguna del mundo, de un «mundo exterior» exacto, separado del observador. El maestro de Heisenberg, el físico danés Niels Bohr muerto en 1962 —que descubrió la estructura del nuevo modelo del átomo y que esbozó la interpretación filosófica de la teoría quántica—, recordaba en 1957 el profundo cambio de los fundamentos físicos:

«Para exponer lo más claramente posible la situación de la física, quisiera recordar la postura extrema que estaba expresada, bajo el influjo de la marcha triunfal de la mecánica clásica, en la conocida representación de Laplace de una máquina del mundo. El pensamiento fundamental era que todos los efectos recíprocos entre las distintas partes de esta máquina están regidos por las leyes de la mecánica y que por tanto un entendimiento para quien fueran conocidas todas las situaciones relativas y

velocidades de estas partes de la máquina en un momento dado, debería estar en condiciones de predecir todo acontecimiento futuro en el mundo, inclusive el comportamiento de animales y hombres».

Esto significa que en los relativamente burdos ámbitos de operación de la anterior física causal-mecanicista se podía proceder sin tener en consideración las condiciones de investigación y de conocimiento, como si éstas fueran totalmente independientes del resultado.

«Ya la extensa explicación de los fenómenos del calor con ayuda de la representación del movimiento continuo de las moléculas en gases, líquidos y cuerpos sólidos debería dirigir la atención a la significación que corresponde a la consideración de las circunstancias de observación en la descripción de experimentos. Naturalmente no se trataba de describir detalladamente el movimiento de las —prácticamente hablando— innumerables partículas entre sí, sino solamente de deducir, con la ayuda de los principios generales de la mecánica, regularidades estáticas para el movimiento del calor. El contraste singular que existe entre la reversibilidad de sencillos procesos mecánicos y la irreversibilidad típica de muchos fenómenos termodinámicos encontró su explicación en el hecho de que la aplicación de conceptos como temperatura y entropía refiere esa irreversibilidad a condiciones de experimento irreconciliables con un completo control de los movimientos de las distintas moléculas» [15].

La separación —tan exactamente consumada— de la imagen científico-natural del mundo, fiel al mundo exterior, de las medidas antropomórficas fue revisada por el propio adelanto del conocimiento de la física. Fue necesario aprender a aceptar la dependencia de

samiento. En 1887 escribió Friedrich Nietzsche: «Deslas condiciones de investigación, de las preguntas y de los métodos, por medio de los cuales se obtienen los conocimientos. En la más grande lejanía de la percepción humana, en el microcosmos de partículas atómicas, el hombre que investiga la verdad de la naturaleza se inserta de nuevo en la *Imagen de la naturaleza de la física actual*, sobre la que Werner Heisenberg escribió en 1953:

«Si hoy se puede hablar de una imagen de la naturaleza de las ciencias naturales exactas, no se trata ya propiamente de una imagen de la naturaleza, sino de una imagen de nuestras relaciones con la naturaleza. La antigua partición del mundo en un término objetivo de espacio y tiempo, por una parte, y el alma, en la cual se refleja este término, por otra, es decir la distinción de Descartes entre *res cogitans* y *res extensa*, no es ya apropiada como punto de partida para la comprensión de la moderna ciencia de la naturaleza. En el campo visual de esta ciencia aparece más bien, sobre todo, la red de relaciones entre hombre y naturaleza, las conexiones por las que nosotros somos, como seres vivientes corporales, partes dependientes de la naturaleza y a las que, al mismo tiempo, como hombres, hacemos objeto de nuestro pensar y obrar. La ciencia de la naturaleza no está ya ante la naturaleza como un observador, sino que se reconoce a sí misma como parte de este juego recíproco entre hombre y naturaleza. El método científico de separar, explicar y ordenar es consciente de los límites que le son impuestos por el hecho de que el aplicar métodos cambia y deforma su objeto, no pudiéndose distanciar el método del objeto. La imagen del mundo de las ciencias naturales deja con esto de ser un concepto científico...» [16].

¿Se comienza de nuevo, después de una tal auto-

limitación de la ciencia de la naturaleza, a cerrar el antiguo círculo, interrumpido en la Edad Moderna, que reúne y aúna de nuevo física y fisis, física y filosofía? El término «fórmula del mundo» sugiere la unidad de un todo universal de la estructura del mundo como campo de fuerzas; de un mundo que ya no conduce al infinito en línea recta, sino a un mundo sin límites, pero espacial-temporalmente finito. Como el nuevo concepto de universo finito recuerda otra vez el mundo como obra creada por Dios en un principio y completada en el tiempo, del análisis del espacio del mundo se siguen hoy relaciones con doctrinas primitivas filosóficas y teológicas. Si se quiere que tengan influencias sobre nuestra conciencia actual, se debería someter, partiendo de su propia historicidad, la imagen teológica tradicional del mundo a una revisión no menor que aquella a que fue sometida la imagen del mundo de las ciencias naturales, y no en último término el concepto de Dios de la Edad Moderna.

Volvamos a pensar en Kepler, Newton, Leibniz y Kant, en el universo de la infinitud y leamos en los pensamientos del filósofo y matemático americano A. North Whitehead, muerto en 1947, la otra respuesta:

> «La timidez supersticiosa ante la infinitud fue la ruina de la filosofía. Lo infinito no tiene propiedades. Valores puede dar únicamente lo finito, que es la condición necesaria de toda actividad...
>
> La infinitud en sí no tiene significación ni valor. Sólo recibe sentido y valor al encarnarse en cosas finitas. Sin lo finito lo infinito carece de significado y no se puede distinguir de la nada. La representación de la dependencia esencial de todas las cosas es el primer paso para entender cómo seres finitos tienen al universo ilimitado por condición y cómo el universo sólo recibe sentido y valor al encarnarse en la actividad de lo finito» [17].

La actual imagen científico-natural del mundo en-

seña que el mundo *es* finito, determinado por el tiempo; un continuo tiempo-espacio que empezó con el tiempo y que terminará con el tiempo. Sin embargo, este mundo considerado como finito tiene dimensiones que nosotros medimos con números, pero que no podemos comprender. Una representación del mundo es hoy imposible, una descripción es posible sólo en forma matemática. Ninguna imagen, ninguna comparación puede realmente hacer presente al universo en nuestra conciencia. Quedan números finitos: 5, 10 ó 15 mil millones de años luz, infinitos para nuestro pensamiento. En 1887 escribió Friedrich Nietzsche: «Desde Copérnico el hombre parece haber ido a parar a una órbita inclinada —rueda cada vez más de prisa siempre fuera del punto central—, ¿hacia dónde? ¿Hacia la nada?»

Terminemos esta parte de nuestra documentación con un texto del físico James Jeans tomado de su libro *El espacio del mundo y sus enigmas:*

> «La física moderna tiene la tendencia de reducir el universo a ondas y nada más que a ondas. Estas ondas son de dos clases, ondas cohibidas en su movimiento, que nosotros llamamos radiación o luz. Cuando se destruye materia, el fenómeno consiste simplemente en la liberación de energía ondular retenida, que entonces se extiende por el universo. Estas concepciones reducen el universo total a un mundo de luz potencial o realmente existente, de tal manera que toda la historia de la creación puede ser narrada con absoluta exactitud e integridad en estas seis palabras: 'Y dijo Dios: hágase la luz'» [18].

¿Cómo habría que describir en lenguaje moderno el universo descubierto por las ciencias naturales de tal manera que fuera inteligible para nosotros? James Jeans lo intenta con símbolos, para tener que descifrarlos de nuevo:

«Es bastante difícil representarse el continuo de cuatro dimensiones, aunque no sea anfractuoso, y todavía más difícil representarse una torsión, pero la analogía bidimensional de un plano nos puede ayudar a ello. Superficies como un campo de cricquet o la piel de nuestra mano son continuos bidimensionales; las analogías de la torsión causada por masas que gravitan son las toperas o pústulas. El balón de cricquet que rueda sobre una topera es desviado de su movimiento rectilíneo, como un cometa o rayo de luz en las proximidades del sol. Y las torsiones del continuo de cuatro dimensiones causadas por la materia total del universo hacen que el continuo se pliegue sobre sí mismo, para formar una superficie cerrada, de tal manera que el espacio queda limitado.

Espacio y tiempo como cosas separadas han desaparecido ya del universo; la fuerza de gravedad desaparece ahora también, de manera que sólo resta un continuo encogido.

En suma: una pompa de jabón con irregularidades y arrugas en su superficie es quizá, para poner un ejemplo sencillo y conocido, la mejor representación del nuevo universo que nos ha descubierto la teoría de la relatividad. El universo no es el interior de la pompa de jabón, sino su superficie, y debemos recordar siempre que mientras la superficie de la pompa de jabón tiene únicamente dos dimensiones, la pompa del universo tiene cuatro —tres dimensiones espacio y una dimensión tiempo— y la materia de la que esta pompa se ha formado es espacio vacío soldado en tiempo vacío» [19].

Las figuras abstractas de esta manera de hablar muestran cuán poco figurativa es la imagen moderna del mundo.

WALTHER GERLACH

SOBRE IMAGEN DEL MUNDO Y ESPACIO COSMICO

El transfondo de los pensamientos de mi comentario a los textos sobre imagen del mundo y espacio cósmico lo forma el recuerdo de que hace cuatrocientos años que nació Galileo Galilei. Con este motivo pensamos en la fundación de nueva y exacta ciencia de la naturaleza y en las primeras observaciones de los astros por medio de telescopios, pero también en su condenación por el tribunal de la Inquisición el 22 de junio de 1633, en este último intento de conservar la hegemonía de una cosmovisión que lo comprendía todo y que se fundaba en dogmas. Los textos precedentes proceden —por así considerarlo— de tres épocas de la historia del espíritu, en un margen de 2.500 años: del tiempo anterior a las ciencias de la naturaleza, del tiempo del nacimiento de las ciencias de la naturaleza y del tiempo de su desarrollo en ciencia autónoma con sus problemas materiales y relativos a la teoría del conocimiento.

Al redescubrimiento de la filosofía y de las matemáticas de los escritos de filosofía natural y de astronomía de la antigüedad siguió la investigación de la razón formada en el humanismo con vistas al examen crítico, acerca de las fuentes —en un caso, las fuentes de la tradición, en otro las fuentes de la naturaleza—. Copérnico poco después del año 1500, Galilei y Ke-

que pretende encontrar en los fenómenos aparentemente intrincados las apariencias fundamentales, ordenarlas regularmente y unirlas en una imagen del mundo.

Es el nuevo orden de las preguntas *cómo* y *porqué* en la investigación de las zonas terrestres y celestes. En todas las culturas han jugado un gran papel el sol, la luna y las estrellas.

La regularidad en el cambio de sus posiciones, su conexión con día y noche, con los tiempos del año y la marcha de la vida, la luna creciente y menguante como imagen del transcurso del tiempo desde el nacimiento hasta la muerte, irregularidades inesperadas como eclipses, cometas y nuevas estrellas en relación con los cambios desordenados de la vida, con la enfermedad, las malas cosechas, la guerra: todo esto ha llevado desde siempre a los hombres a preguntarse de dónde proceden estas apariencias.

Hay dos clases de respuestas; a la primera quisiéramos llamarla mítica o metafísica, a la otra racional o física. El fundamento de ambas son abstracciones.

Para la explicación mítica de la naturaleza solamente existe la pregunta *porqué;* ve en las apariencias la acción de dioses con todas las cualidades humanas, pero elevadas cuantitativamente a lo fantástico —en buen y en mal sentido—. Se trata de una imagen del mundo antropomórfica, que se encuentra también en el *Génesis*. Todavía hace quinientos años existía un mito cristiano, de que Dios mantenía todo un ejército de ángeles para el movimiento de los astros.

Los primeros intentos conocidos por nosotros de entender racionalmente las apariencias del cielo proceden de la escuela de los filósofos de la naturaleza de Asia Menor, fundada por Tales de Mileto.

Anaxágoras aportó una imagen del mundo en que experiencias terrestres eran transpuestas a los sucesos del cielo. El sol no es el carro brillante de los dioses, sino materia como la tierra en brillante ardor (ascua);

la luna es material como la tierra, recibe su luz del sol.

Más lejos aún fue, por ejemplo, Aristarco de Samos: las apariencias de que sol y planetas se mueven en torno a nuestra tierra engañan. En realidad el sol como cuerpo celeste, esplendor de vida, está quieto en el punto central del mundo, rodeado por la tierra y los planetas.

Esto eran hipótesis, representaciones —racionalmente ni demostrables ni rechazables—, pero más sencillas y más naturales que las que entonces dominaban; ante *éstas* últimas cayeron como víctimas. Anaxágoras negó a los dioses; su ataque contra la imagen mítico-religiosa del mundo le llevó a la cárcel en Atenas.

Aristarco chocó contra el dogma fundamental de la física de Aristóteles, de que todos los movimientos naturales de todos los elementos terrestres están dirigidos hacia la tierra o proceden de ella. Los cuerpos pesados son partes de la tierra y tienden a unirse otra vez con ella. Por eso caen sobre la tierra y no sobre el sol.

Los cuerpos ligeros, como el luminoso fuego, tienden a alejarse de la tierra hacia la esfera de la luz, del sol y de las estrellas; por eso el sol no cae sobre la tierra.

El sol por tanto no puede ser materia terrestre ni pesado. Pero la tierra pesada tiene que ser el punto central del universo, porque determina la dirección del movimiento natural.

Nicolás Copérnico en los años posteriores a 1500 hace suyo el concepto heliocéntrico del mundo de Aristarco. El demostró matemáticamente que los movimientos mesurados de los planetas se pueden interpretar más fácilmente como órbitas circulares en torno al sol inmóvil, si *también* la tierra describe una órbita circular semejante al sol.

Copérnico libera el pensamiento acerca del mundo de la tutela dogmática. «Nada ha tenido un influjo

tan grande sobre el pensamiento de los hombres como la doctrina de Copérnico», juzga Goethe. Y dirigiéndose a los filósofos de la naturaleza reaccionarios-dogmáticos escribe Kepler: «Antes se hundiría el fárrago gigantesco de los escritos polémicos juntamente con sus autores y sus cabezas criticonas, que abandonar a Aristarco y Copérnico». Otto von Guericke cincuenta años más tarde, cuando se le quiere demostrar ideológicamente la imposibilidad de un espacio vacío de aire, escribe: «Tengo por inútil oponerse a estas y otras habladurías; pues hay que dar más valor a los experimentos, que al juicio de la idiotez, que acostumbra a urdir siempre prejuicios contra la naturaleza».

Partiendo de la comparación crítica de la imagen del mundo de Copérnico con las nuevas mediciones de las órbitas de los planetas de Tycho Brahe desarrolla Kepler las tres famosas leyes; planetas y tierra giran sobre órbitas elípticas en torno al sol que descansa en uno de sus focos. Pero el mayor avance lo representa el paso de la consideración de los movimientos, de la cinemática, a la pregunta acerca de su causa. Con la representación de una fuerza que procede del sol funda Kepler la *dinámica* del cielo; es la primera unión racional de la física con la astronomía.

Al mismo tiempo —1609— comenzó Galilei a observar el cielo con ayuda de telescopios. Más importante que los mismos descubrimientos fue la demostración de que con un instrumento artificial se puede comprobar algo en la naturaleza, que no está al alcance de nuestros sentidos naturales. Los sabios de Pisa se negaban, según una carta de Galilei a Kepler, «con la obstinación de una víbora, a ver algo de lo cual saben que no existe». Se les puede comprender, si uno se coloca en el punto de vista de su formación espiritual, totalmente filosófico-aristotélica. Doscientos años más tarde se queja aún Goethe de que la

mayor desgracia de la nueva física es que... «pretende conocer la naturaleza solamente en lo que muestran instrumentos artificiales».

Precisamente sobre esta dilatación de los sentidos descansan los éxitos de la ciencia de la naturaleza; por medio de ellos se hicieron accesibles a la razón las estructuras elementales de la naturaleza, que aportaron el principio para la ordenación de las apariencias en una imagen del mundo.

Galilei exige para toda ciencia de la naturaleza: «Medir todo lo medible, hacer medible todo lo que aún es inmedible».

El momento que caracteriza sencillamente a la ciencia de la naturaleza es el primado de la pregunta *cómo*. Pero la respuesta no se limita a mediciones cuantitativas de las apariencias, de los sucesos de la naturaleza. Una investigación semejante ha existido siempre. Frecuentemente se alude a la llamada de Bacon en el siglo XIII de que la investigación de la naturaleza debe partir del *experimentum*. Acertadamente se ha traducido la palabra como «sencilla experiencia». Esto es algo totalmente distinto de lo que hoy llamamos experimento en el sentido de Galilei o según Newton *experimentum crucis*, es decir, como una decisión, en la que se ha de continuar como en un calvario. El problema está resuelto cuando un ensayo hecho *ad hoc* ha decidido entre distintas posibilidades de representación. Los ejemplos clásicos son las leyes del péndulo de Galilei; las del plano inclinado y de la caída libre, que redujeron *ad absurdum* a la física dogmática de Aristóteles y todas sus consecuencias para la imagen del mundo.

Lo que mejor demuestra el principio de la nueva física es la crítica de Descartes: Galilei debería haber dicho *qué* era la fuerza de gravedad, antes de determinar *cómo* obra. Precisamente aquí reside el éxito de la física, en que da la preferencia al *cómo* sobre el *porqué*.

Este punto de vista se hace extremadamente agudo en la frase de Newton tan frecuentemente citada: *Hypotheses non fingo*, no imagino hipótesis.

Newton, como enemigo decidido de Descartes, acentúa el hecho de que él ha explicado las apariencias de los cuerpos celestes por medio de la fuerza de la gravedad, que procede de alguna causa, pero que no ha dicho nada sobre esta causa. La aceptación de la fuerza de gravedad, la ley de la gravitación no es para él una hipótesis, sino una consecuencia de realidades de la naturaleza; es la respuesta al *porqué* sacada de la repuesta al *cómo*.

Me parece que hoy —si queremos ser exactos— concebimos de otra manera el concepto de hipótesis. La ley de la gravedad fue demostrada por primera vez el año 1798, cuando Cavendish midió en experimento de laboratorio la fuerza de las masas entre sí y su dependencia de la clase de masas. Sólo ahora se conoció que la atracción de las masas, la caída libre, los movimientos de la luna y de los planetas habían sido interpretados de una manera unitariamente cuantitativa por la ley de Newton. Pero ley unitaria significa imagen unitaria del mundo: la imagen del mundo de Copérnico y Kepler ha terminado.

En la «hipótesis», a Newton no le interesa únicamente la física, sino también su pensamiento ideológico: la primera causa de las apariencias nos está cerrada; la naturaleza está sometida a la acción de un «ser incorporal, vivo, inteligente y omnipresente» —la aceptación de leyes inmutables de la naturaleza conduce al materialismo y fatalismo—, así escribe a Leibniz. Kepler había pensado de una manera totalmente distinta: el mundo anda como un mecanismo de reloj según leyes que el creador le ha impuesto en la creación.

En la imagen del mundo de Newton se encierra aún un momento teológico —por tanto, un momento extraño a la ciencia de la naturaleza—, que caracteriza tam-

bién su concepción de tiempo y de espacio: el espacio absoluto es el órgano sensorial de Dios, el *sensorium Dei*. Tiene que ser de una duración eterna e infinitamente extenso. El primero que abre esta pregunta fundamental a un análisis de la ciencia natural es Einstein. Newton deja conscientemente en lo metafísico la respuesta al *porqué*. Pero ¿dónde está la frontera entre las causas conocibles, físicas, y las cerradas a la razón, metafísicas? El científico de la naturaleza no puede decidirlo con sus métodos. Pero puede y debe —si quiere permanecer fiel a sí mismo— no poner fronteras a su investigación; y esta investigación ha extendido siempre el espacio de lo físico a costa de lo metafísico: desde el impulso de caída y de ascensión de Aristóteles y desde el carro del sol, pasando por el sistema heliocéntrico y la fuerza de gravedad, hasta el universo.

A éste dirigimos ahora nuestra mirada.

Aun para los astrónomos progresistas del siglo XVIII nuestro sistema sol-planetas era sencillamente «el mundo», cerrado por las esferas de las estrellas fijas. El pensamiento griego se unía con reflexiones racionales; como no se había comprobado ninguna paralaje, ningún desplazamiento de unas estrellas con relación a otras, mientras que la tierra llevaba a cabo su larga marcha en torno al sol, así debían estar a la misma distancia de la tierra o a distancias inconcebiblemente grandes. Se decidieron por lo primero.

Pero mucho antes ya se había pensado sobre si tal vez las estrellas serían otros soles en el universo, que tuvieran también planetas, quizá incluso habitados por hombres. El sabio cardenal Nicolás de Cusa enseñó, a mediados del siglo XV, que pudiera ser que nuestra tierra no fuera la única ni el punto central de un mundo cerrado.

Le guiaba la representación cristiano-religiosa, que está desarrollada en el texto anteriormente leído, de que Dios es el punto central del mundo y de todas

las cosas del mundo y al mismo tiempo el perímetro infinito de todas las cosas. Esta pluralidad de mundos no es una imagen astronómica del mundo, como tampoco lo es ciento cincuenta años más tarde en Giordano Bruno, a quien llevaron a la hoguera consecuencias panteístas.

La inclusión del espacio del mundo en la imagen del mundo de las ciencias naturales todavía no tiene cien años.

La palabra profética de Kepler: Ni física ni astronomía llegarán jamás a la perfección la una sin la otra, se ha cumplido de una manera insospechada.

Pues en la imagen actual del mundo se unen la macrofísica clásica, desde los axiomas de Newton hasta la teoría de la relatividad general, toda la física quántica de los átomos hasta su disolución en partículas elementales y la transformación de éstas, la equivalencia de materia y energía con la totalidad de las penetraciones astronómicas en el universo, conseguidas por medio de telescopios y métodos de observación cada vez más eficientes.

Cuando hoy oímos la expresión «espacio cósmico» pensamos —no quiero decir *nosotros*, pero en verdad muchos— en los vuelos espaciales, en los astronautas y cosmonautas, en la conquista del espacio.

Aquí no hablamos de esto; acerca de ello se oye ya demasiado. Este desarrollo tísicamente abultado, que se traga sumas ingentes de dinero y que consume gran capacidad científica, sirve sólo en una parte muy pequeña al conocimiento; otras aventuras que las de penetrar espiritualmente en las maravillas del mundo tienen aún (¡por desgracia!) la preferencia.

Para finalizar, una palabra más sobre otro problema del *cómo-porqué* de la investigación de las ciencias naturales.

Lo que hemos dicho hasta ahora da la respuesta a un *cómo* superior: cómo llega la investigación con la

serie de preguntas cómo-porqué a afirmaciones científicas sobre la imagen del mundo y el espacio cósmico. Pero hay todavía un *porqué* superior: por qué el hombre vuelve su mirada hacia este problema.

Una respuesta casi trivial, pero que no es suficientemente tenida en cuenta en relación con sus consecuencias, dice: la cultura de la humanidad, todo lo que nosotros entendemos bajo la palabra humanidad nos lo han proporcionado las miradas a la naturaleza, cada vez más amplias y profundas; sabemos que en los conocimientos existentes hoy están encerradas otras magníficas posibilidades de desarrollo de la humanidad, quizá también principios que la liberen de un abuso que pondría en peligro su existencia.

Pero estas ayudas las proporcionaría también la investigación de los distintos ámbitos. Aun cuando el estudio de problemas terrestres —como, por ejemplo, la física del plasma para la obtención de energía a partir de reacciones nucleares atómicas— exige un conocimiento acerca de las relaciones cósmicas, porque bajo ellas se realiza el estado de plasma y aquellas reacciones, sin embargo, tales investigaciones todavía no exigen una imagen del mundo que comprenda el universo, su devenir, su pasar.

¿Por qué aspira el hombre a alcanzar esta imagen del mundo? Johannes Kepler nos da una respuesta; se encuentra en su primera obra; esta respuesta le guió durante toda su vida, ha guiado hasta ahora a todos los grandes investigadores, y deseamos que lo siga haciendo en el futuro.

La pregunta y la respuesta de Kepler son:

> «Pero, por favor, se me dirá, ¿de qué sirve a un estómago hambriento el conocimiento de la naturaleza, de qué toda la astronomía? Nuestro creador añadió a los sentidos el espíritu, no sólo para que el hombre consiga su subsistencia —esto pueden conseguirlo mucho más hábilmente muchas clases

de seres vivientes con su alma irracional—, sino también para que pasemos del ser de las cosas, que vemos con los ojos, a las causas de su ser y de su devenir, aun cuando a esto no vaya unida utilidad alguna».

CAPITULO III

FISICA Y METAFISICA

DESDE ARISTOTELES A NIELS BOHR

Con un comentario de
WOLFGANG WIELAND

La relación entre física y filosofía encuentra desde siempre su expresión en la referencia de la física a la metafísica. Esta relación es descrita en nuestro tiempo las más de las veces como delimitación negativa, en cuanto que la metafísica —como ámbito de la pura especulación— se opone a la física, como ciencia fundada en hechos comprobables, de la misma manera que la experiencia concreta, medible, se opone al filosofar sobre las preguntas fundamentales del ser. Desde que la primacía de la filosofía fue relevada en el siglo XIX por la ciencia de la naturaleza, se hizo exigencia natural limpiar las ciencias positivas exactas de argumentación metafísica, y pronto se entiende por esto con más o menos rigor todo pensamiento y conocimiento solamente teóricos, que sobrepasan la experiencia y que, por tanto, no son comprobables, y que preguntan por la verdad de los conceptos y por las últimas cosas o por el sentido de la vida y del mundo. Esta postura antimetafísica tiene muchos presupuestos ramificados, y no en último lugar el de que frecuentemente sea considerada la metafísica como el sucedáneo filosófico de la teología, con la cual estuvo unida durante siglos en la así llamada «teología natural». Todavía hoy repercute el modelo de un conocimiento sobrenatural de la verdad dirigido al más allá como característica falsamente generalizada de la metafísica, con lo cual sólo el hombre de nuestra época, consciente de hechos, pronuncia el veredicto contra ella. El fin de la metafísica parece ser cosa hecha desde hace tiempo, pero ¿de qué metafísica? Solamente ésta es la pregun-

ta. Su significado ha cambiado una y otra vez desde Aristóteles. En cuanto fue separada filosóficamente de la física en el dualismo de ciencias de la naturaleza y ciencias del espíritu, se vio abocada a la estrechez de una definición unilateral. Después que en nuestro siglo la física ha vuelto su mirada a la filosofía debido al cambio profundo experimentado por sus fundamentos en la física atómica, y después de que la física teórica desarrolla nuevos fundamentos filosóficos en la teoría de la relatividad y en la mecánica quántica, han desaparecido por completo las antiguas fronteras clásicas, así como también las posiciones de la metafísica idealista y de sus teorías del conocimiento. De aquí que quizá se pueda decir que entramos en una fase de la metafísica, que corresponde al mismo desarrollo y que conduce a la metabiología, metamatemática y metalingüística.

El entreverado de problemas fundamentales físicos y filosóficos de nuestro siglo nos remite directamente al origen primitivo de la metafísica, que explica precisamente la inseparable conexión del pensamiento y del ser. Así abrimos la documentación con fragmentos del *Poema didáctico* del filósofo jónico Parménides, procedente de Elea, que vivió aproximadamente entre los años 450-480 antes de Cristo:

«Pues lo mismo es pensar y ser (3).

... Es necesario decir y pensar que *solamente* el ser existe; pues el ser es, la nada por el contrario no es; a esto lo llamo yo tomarte en consideración. Pues éste es el primer camino de la investigación, del cual te mantengo alejado; pero también te mantengo alejado de aquel camino, en el que vacilan mortales que nada saben, bicéfalos. Pues la perplejidad guía en su pecho al sentido vacilante. Pero ellos ansían esto, sordos y ciegos a la vez, idiotas, turbas indecisas, para quienes el ser y el no ser es lo mismo y no lo mismo y para quienes

siempre hay un camino en dirección contraria (6).

Pues es imposible demostrar de una manera concluyente que existe lo no-existente; antes bien, tú mantén el pensamiento alejado de este camino de la investigación; y no debe obligarte a tomar este camino costumbre muy corriente, de usar del ojo sin visión o del oído retumbante o de la lengua; no, resuelve con el pensamiento el examen polémico al que he aludido. Pero entonces solamente queda *una* indicación del camino, es el ser. En éste hay muchas señales: porque es innato, es también imperecedero, pues está todo él en su edificio e imperturbable y sin meta, y no fue ni será nunca, porque está existente en el ahora como un todo, único, conexo. Pues ¿qué clase de origen pretendes encontrar para él? ¿Cómo, de dónde su crecimiento? Ni siquiera te permito que digas y pienses que procede de lo no-existente. Pues es inexpresable e impensable, lo que es no-ser... (7.8).

... Lo mismo es pensar y el pensamiento de que existe ser; pues sin lo que existe, en lo cual está como expresado, no puedes tú encontrar el pensamiento. Es nada y no será otra cosa fuera de lo existente, puesto que la Moira lo ha obligado a ser un todo e inamovible. Por esto será puro nombre todo lo que los mortales han determinado en su lengua, convencidos de que es verdad: devenir lo mismo que pasar, ser lo mismo que no ser, cambio de lugar y mudanza de los brillantes colores (7.8)»[1].

Mientras que Parménides proclamó el ser (en griego ὄν) como concepto fundamental de la unidad indestructible del todo del mundo, fundando la ontología —doctrina del ser—, Platón aborda la delimitación de la percepción sensorial y de la simple opinión (δόξα) frente al pensar que reconoce lo verdadero en la εἶδος, idea.

«¿Existe un fuego en y por sí, y se comporta como tal con todo lo demás que según nuestra costumbre designamos como individualmente existente en y por sí? ¿O corresponde solamente a las cosas que vemos con los ojos o percibimos por cualquier otra percepción corporal la acción verdadera? ¿Y no existe realmente algo fuera de esto? ¿Sería por tanto pura fantasmagoría el que nosotros pusiéramos normalmente para cada cosa dada una idea sólo pensable, tratándose en realidad de un puro nombre?...

... Si razón y opinión verdadera son dos maneras distintas de conocimiento, entonces bajo todas las circunstancias corresponde a las ideas ser verdadero, como a esencias no percibidas por nosotros, sino solamente pensables; pero si la verdadera opinión no se diferencia en nada, como piensan algunos, de la pura razón, entonces debemos conceder a todo lo que percibimos por medio del cuerpo certidumbre incondicional. Ahora bien, tenemos que designarlas como dos especies distintas, puesto que se diferencian tanto por su origen como por su calidad. La una se nos comunica por enseñanza, la otra por persuasión; y la una está en irrompible conexión con la verdadera inteligencia, la otra carece de propia inteligencia...

... Y todos participan de la verdadera opinión, como no se puede negar, pero de la inteligencia racional sólo una pequeña parte de los hombres juntamente con los dioses. A la vista de estos hechos debemos conceder que lo uno es el ámbito de la idea inmutable, la cual, siendo innata e indestructible, no recibe en sí de otra parte cosa alguna, ni entra ella misma en ninguna otra cosa, oculta a los ojos y no perceptible tampoco para los otros sentidos, es decir, precisamente aquello, cuya observación corresponde sólo al pensamiento. Lo segundo es lo que se llama como aquello y es pare-

cido a ello, perceptible por los sentidos, producido, en continuo movimiento, que se origina en un lugar determinado y desaparece de nuevo de allí, comprensible por opinión en unión con la percepción de los sentidos...» [2].

El discípulo de Platón, Aristóteles, no sigue la doctrina de las ideas de su maestro, funda, en cambio, la doctrina de la «primera filosofía», al delimitarla de la física y preguntar por el ser en cuanto tal —por el ὄν ᾗ ὄν—. Estas lecciones sobre la filosofía del ser son conocidas con el nombre de *Metafísica*. En el segundo libro de la *Metafísica* explica Aristóteles la *prima philosophia:*

«Está justificado que la filosofía se llame ciencia de la verdad. Pues la meta de la ciencia teórica es la verdad, y la de la ciencia práctica es la obra, pues si los prácticos consideran también cómo se comporta el objeto, no miran sin embargo a lo eterno, sino a cómo es la cosa en relación con algo y para el presente. Sin embargo, nosotros no conocemos la verdad sin causa. Ahora bien, lo más conveniente en todos los casos, es aquello en virtud de lo cual corresponde también a lo otro lo sinónimo; así, por ejemplo, el fuego es lo más caliente; pues esto mismo es para lo otro la causa del calor. Y así lo más verdadero es la causa de que también lo posterior sea verdadero. De aquí se deduce que los principios de lo siempre existente son necesariamente siempre los más verdaderos. Pues no son verdaderos simplemente a veces, y no hay causa de que existan, sino que lo son para los demás, de tal manera que con relación a su verdad se comporta igual que con relación a su ser» [3].

En el libro sexto de la *Metafísica* separa Aristóteles la filosofía del ser de las otras disciplinas filosóficas:

«Toda ciencia en general, sea ciencia de razón o participe solamente de su carácter, se ocupa de una manera más rigurosa o más libre de las causas y principios. Ahora bien, todas estas ciencias particulares tienen que habérselas con un objeto especial o con una especie particular, fijamente determinada, pero no simplemente con lo existente, o en cuanto es existente, y no abren discusión alguna sobre el qué de su objeto; antes por el contrario se apartan del qué, después de habérselo explicado por intuición o aceptado como presupuesto, y muestran después en parte de una manera concluyente, en parte de manera más floja, todo lo que en sí corresponde a la especie con la que tienen que ver. Está, pues, claro que a base de una tal inducción no se tiene prueba alguna de la sustancia o del 'qué es', sino otra manera de explicación...

Pero ya que la física se ocupa también de una especie determinada de lo existente —pues considera aquel existente que tiene en sí mismo el principio del movimiento y del reposo— no puede haber duda alguna de que no es una ciencia práctica ni creadora. Pues en las ciencias creadoras el principio de lo que se crea es o la razón o el arte o cualquier otra potencia, y en las ciencias prácticas el principio del actuar la determinación libre. Pues objeto de la acción es lo mismo que objeto de la determinación. Si, según esto, todo pensar es o práctico o creador o contemplativo, la física será un pensar contemplativo, pero con una contemplación orientada exclusivamente al ser que es capaz de movimiento y a aquella especie de forma sustancial que de ordinario no es separable.

Pero hay que saber cómo está hecho el ser esencial y el concepto, pues de lo contrario el investigar no sirve de nada. Por tanto, de entre los objetos de la definición y de entre los distintos 'qué es' unos son como la cavidad de las narices, y otros

como la cavidad. La diferencia está en que la cavidad de las narices se toma juntamente con la materia respectiva. La cavidad de la nariz es, pues, una nariz hueca, mientras que la cavidad no tiene materia sensible. Por tanto, si todo lo físico se compara con la cavidad de la nariz, la nariz, el ojo, la cara, carne, huesos y todo el ser sensible, la hoja, las raíces, los bueyes y todos los vegetales —pues aquí no puede ser concebido conceptualmente algo sin movimiento, sino que todo tiene materia—, está claro cómo se debe buscar y determinar en lo físico el 'qué es', y por qué corresponde también en parte al físico la observación del alma, en cuanto no está sin materia. Por tanto, de aquí aparece claro que la física es una ciencia contemplativa...

Ahora bien, si existe algo eterno, inmóvil y separado (existente por sí) corresponde su conocimiento a una ciencia contempladora. Pero ciertamente no a la física; pues la física se refiere a lo movido; ni tampoco a las matemáticas, sino a una ciencia que es anterior a ambas. Pues la física trata de lo inseparado, pero movido; en las matemáticas, unas partes tratan de lo inmóvil, pero no separado, sino material; la primera ciencia, en cambio, trata de lo que al mismo tiempo es separado e inmóvil. Ahora bien, todas las causas deben ser eternas, pero sobre todo las separadas e inmóviles, pues son las causas de lo divino visible».

A esta distinción da Aristóteles gran importancia. En el libro cuarto de la *Metafísica* (cap. 5) la definía de esta manera: «Lo que mueve es por su naturaleza anterior a lo movido. Y esto es verdad, aunque ambos sean conceptos relativos». Del texto citado del libro sexto deduce ahora Aristóteles, que «existen tres disciplinas teórico-filosóficas: matemáticas, física y teología. La metafísica, en cuanto es ciencia de lo eterno,

inmovido, divino, es teología. La ciencia más digna debe contemplar también la especie más digna». A partir de este concepto aristotélico de la «primera filosofía» como teología llevó a cabo después la teología cristiana en la escolástica una explicación de la metafísica extraña a Aristóteles (cfr. pág. 120). Aristóteles concluye sus pensamientos sobre la delimitación de la primera filosofía de esta manera:

> «Se podría preguntar si la filosofía primera es general o si tiene por contenido una especie determinada y una naturaleza particular. Pues en las especialidades matemáticas no se da tampoco en todas la misma manera, sino que la geometría y la astronomía consideran una naturaleza determinada, mientras que las matemáticas generales son comunes a todas las especialidades. Ahora bien, si no existe ninguna otra sustancia que la existente por naturaleza, entonces la física sería la primera ciencia. Pero si existe una sustancia inmovida, la ciencia sobre ésta sería anterior a la primera filosofía, y así también general, porque es la primera; y ella debe considerar lo existente como existente, tanto lo que es, como lo que le corresponde como existente» [4].

Esta metafísica de Aristóteles culmina en la doctrina acerca del primer motor inmóvil. El cielo que se encuentra en movimiento circular ininterrumpido es eterno, pero «existe finalmente algo que mueve sin ser movido, de tal especie, que es eterno y sustancia individual y actualidad» (libro 12, cap. 7). Según Aristóteles es «lo deseable e inteligible», lo que mueve sin ser movido. «Ambos son en su origen uno y lo mismo». Al principio está «el pensar», y «la razón es puesta en movimiento por lo inteligible». Así también, en un sentido figurado, la órbita circular de la revolución de los planetas depende en su perfección y ne-

cesidad del primer motor. Puesto que la inteligencia como determinación más esencial corresponde a lo mejor y la inteligencia «absoluta a lo mejor absoluto», así «la inteligencia se piensa a sí misma, al comprehender y pensar lo inteligible». De esta manera su filosofía desemboca en una doctrina del espíritu de Dios como la última causa:

> «Pura y absoluta actividad es su mejor y eterna vida (de la divinidad). Por tanto, decimos que Dios es un ser vivo, eterno, superior: le corresponde vida y duración constante y eterna, pues esto es la esencia de la divinidad.
>
> ... Que exista, pues, un ser inmóvil y separado de lo sensible, se deduce de lo dicho. También se ha demostrado que este ser no puede tener dimensión alguna, sino que es indivisible e inseparable» [5].

Con esto llega Aristóteles, al final de su *Metafísica*, en el libro doce, a la reivindicación de la doctrina de las ideas de Platón rechazada por él demasiado severamente. «La forma suprema», dice Aristóteles, «no tiene materia, es realidad perfecta. Unico según el concepto y el número es, por tanto, el primer motor, que a su vez no es movible; y así es también solamente uno, lo que siempre y continuamente es movido: en consecuencia, solamente hay un cielo».

La metafísica de Aristóteles, inmanente al mundo, es transcendida por la teología cristiana en la escolástica, como *transfísica*, orientada en oposición a la naturaleza del lado de acá, hacia la verdad sobrenatural de Dios. Probar la existencia de Dios sobre el fundamento de la metafísica y de la ética de Aristóteles es su tarea principal. La filosofía aristotélica en todas sus partes entonces accesibles y en su fundamento, la lógica, fue decisiva para la Iglesia de la Edad Media desde la irrupción definitiva de la doc-

trina aristotélica en la escolástica y todavía lo es hoy, en el neotomismo. Para poder entender la síntesis llevada a cabo por Santo Tomás de Aquino, de la fe de la revelación cristiana y de la filosofía aristotélica, también en su gran importancia para el desarrollo posterior, es necesario poner en claro los firmes presupuestos que poseía ya en la filosofía de Aristóteles la doctrina del primer motor inmóvil, y los conceptos generales, especies y propiedades, discutidos en la así llamada «disputa de los universales». De esta manera se concibió el concepto aristotélico de puro obrar inmaterial en la doctrina de la primera sustancia motora, como realización de Dios en el *actus purus*. Tomás emplea en la primera de sus cinco pruebas de la existencia de Dios el concepto aristotélico del primer motor. Se llega necesariamente a un «primer motor que no es movido por nadie y en el que ven todos a Dios». Todo movimiento «presupone algo inmóvil» (21) [6]: A esto corresponde la segunda prueba de la existencia de Dios, como primera causa causante. De la misma manera que Aristóteles habla del inteligible, del primer ser de la divinidad que se piensa a sí mismo, para Tomás el «espíritu es el primer creador y motor del universo. Ahora bien, éste es la verdad. De esta manera, la verdad es necesariamente el sentido último de todo el universo» (26).

La escolástica de Tomás de Aquino es prácticamente una estrecha combinación de la filosofía aristotélica con la teología cristiana, en la que está tan refundida, que, hasta el comienzo de la ciencia de la naturaleza según Galilei, Aristóteles, sobre todo representado por Tomás, es la autoridad sin más decisiva del sistema eclesiástico de enseñanza. Tomás consiguió compensar la oposición entre naturaleza y espíritu, cuerpo y alma, en cuanto que supo unir la «razón natural», expuesta por Aristóteles así como por su maestro Platón (cfr. *Timeo)*, con la revelación cristiana de Dios. Así surgió una aparente armonía entre la razón

del mundo —inmanente y propia de la naturaleza—, de la filosofía aristotélica, y la fe transcendente en Dios, revelado no a través de la naturaleza, sino a través de su palabra y Cristo, existente más allá de toda experiencia y conocimiento natural. Tomás consigue esta síntesis al separar rigurosamente, por una parte, ciencia y fe, es decir, los auténticos misterios cristianos y los dogmas sagrados teológicos del ámbito del conocimiento que se consigue por la ciencia. Subraya que «no podemos comprender lo que es Dios, pero sí lo que no es» (II, 4). Solamente «conocemos a Dios de verdad, cuando creemos que él está sobre todo lo que el hombre puede pensar acerca de Dios» (554). La fe es «suprarracional» y «no puede ser demostrada con motivos convincentes de razón». Pero tampoco «puede ser rechazada en modo alguno, por ser verdadera y por tanto no irracional, por motivos convincentes de razón». Esta delimitación es suficiente para que, por otra parte, Dios se manifieste también en la naturaleza a través de su orden perfecto y, por tanto, el hombre pueda conocer la razón y la voluntad de Dios a través de la misma naturaleza. Así resulta fácil su unión con la filosofía aristotélica. La interpretación del hombre, como ser apartado de Dios, enredado en la culpa por el pecado, que necesita de la gracia, porque ya no conoce la verdad, pasa a segundo término. Según Tomás de Aquino, no la conoce, porque esa verdad está fuera de la visión de su razón, pero al mismo tiempo la razón puede conducirle hacia Dios. «La razón es natural para el hombre. Por tanto, lo que es contra la naturaleza es contra la razón del hombre» (221). «El recto orden de las cosas concuerda con el orden de la naturaleza; pues las cosas de la naturaleza están ordenadas a su meta sin error alguno» (197). En cuanto que «los principios originales de la razón son los mismos, que los que son propios de la naturaleza» (199), y «lo natural es el fundamento de las virtudes, tanto para las graciosamente concedidas

como para las adquiridas» (205), el orden de la naturaleza es como en Aristóteles expresión de lo bueno y está ordenado en todas sus finalidades a la perfección divina. «El hombre», dice Tomás, «quiere necesariamente lo bueno de una manera natural» (185). «El ser mismo tiene el carácter de lo bueno. 'Bueno' y 'existente' son conceptos intercambiables» (45). Aun en el juicio de la experiencia de los sentidos y en la relación de cuerpo y alma sigue Tomás a Aristóteles. Los «sentidos son el primer origen de nuestro conocimiento» (146). El hombre es la «unidad de ser de cuerpo y alma» (115). Para el conocimiento lo que importa es conseguir la adecuación con la cosa que se ha de conocer, en aquella manera receptiva de la apropiación que como en Aristóteles es también *adaequatio rei et intellectus*. «La verdad del conocimiento humano recibe dirección y medida del ser de las cosas. De aquí que una opinión sea verdadera o falsa, según que sea una cosa o no sea» (154). El «conocimiento llega a su perfección cuando lo conocido en su forma esencial es uno con el cognoscente» (165).

Tomás fue el mediador genial entre la teología y la filosofía pagana, que debía estar al servicio de la teología y de su recta exposición. «Quienes usan en la ciencia sagrada los símbolos de la ciencia del mundo, haciendo que sirvan a la fe, no mezclan vino con agua, sino que cambian el agua en vino» (II, 22). Expresamente busca él dar una delimitación: «La teología o la ciencia divina es doble. En una las cosas divinas no son consideradas como objeto de la ciencia, sino como fundamento del objeto; ésta es la clase de teología que cultivan los filósofos y que con otro nombre se llama metafísica. La otra considera las cosas divinas en sí mismas, como objeto de la ciencia. Y ésta es la teología, llamada ciencia de la Sagrada Escritura» (II, 25) [7]. Con esta definición quiere acentuar Tomás el carácter científico de la teología en oposición a la metafísica solamente filosófica, que

al mismo tiempo está transcendida por la teología. Con esto se dirige sobre todo contra los entonces influyentes averroístas, que enseñaban «la doble verdad». El árabe Averroes (1126-1198) había defendido, también como aristotélico, un panteísmo en conexión con el Islam, afirmaba la eternidad del mundo y sostenía que las representaciones teológicas de la fe propiamente sólo encubrían alegóricamente las verdades primarias filosóficas. Contra esta tendencia a separar teología y filosofía, que ponía también en peligro el concepto de Dios como Creador del mundo y la fe en la inmortalidad de las almas individuales, luchó principalmente Tomás.

La imagen tomista del mundo, ligada a la filosofía aristotélica, que tenía la Iglesia, con su orden de la naturaleza teológicamente dogmatizado como orden de la «razón natural», se vio sacudida funestamente, al ser descubiertas por Copérnico, Kepler y Galilei lo que parecían verdades de la naturaleza, pero que no se podían compaginar con la imagen del mundo aristotélica. La concordancia de la metafísica con las realidades físicas, tan trabajosamente construida, se derrumbó simplemente porque Dios y la teología cristiana se habían visto ligados a una cosmología tenida por eternamente válida. A la Iglesia le pareció no tener otra elección que oponerse a la nueva explicación matemática y conforme a las leyes de la naturaleza del conocimiento racional de la misma. Desde entonces la relación de los científicos de la naturaleza con la metafísica filosófica está tan gravada como la relación con la teología.

La división de la unidad tomista de filosofía y teología, ciencia y fe tuvo lugar por obra de los más grandes representantes de la teología franciscana en Inglaterra: Roger Bacon, Duns Scoto y Guillermo de Occam, de una resonancia más trascendental. Roger Bacon (1214-1294) fue el primero que exigió expresamente conseguir ciencia y verdad por medio de la

experiencia directa, de la observación de la naturaleza con ayuda del experimento. «Sin experiencia no se puede saber nada suficientemente.» Si es verdad que no hay un camino directo que conduzca de Bacon a Galilei y Newton —o más bien, a una investigación experimental de la naturaleza, como también la emprendió Goethe—, sin embargo, Bacon (que sobre todo realizó experimentos físicos en la óptica e hizo aquí descubrimientos) con su exigencia de experiencia llevó a cabo la crítica más dura del sistema escolástico de enseñanza. Se le condenó al exilio durante muchos años y más tarde a la cárcel, hasta el fin de su vida.

Duns Scoto (alrededor de 1270-1308) se opuso como teólogo a la confusión de teología y filosofía. Una frase filosóficamente cierta puede ser, desde el punto de vista teológico, totalmente falsa, así como al contrario. Al anteponer la voluntad a la razón y considerar el pensamiento libre y activo como superior al intelecto solamente receptor, defendido por Tomás, ataca profundamente el fundamento del tomismo. Solamente la voluntad divina es decisiva. En sí nada tiene que ser bueno o necesario. Una cosa es buena solamente en cuanto así la ha querido Dios. Pero entonces resulta sumamente dudosa la apelación a lo «bueno por necesidad natural» y a la razón de la naturaleza como verdad revelada de la creación divina, y el hombre es solamente bueno, cuando y en cuanto hace la voluntad de Dios.

Duns Scoto, que acentuó de una manera especial lo individual, preparó el camino a Guillermo de Occam (alrededor de 1299-1349). El es la cabeza directora de los así llamados «nominalistas». Los «realistas» escolásticos, entre los cuales se contaba también Tomás, habían aceptado los conceptos generales como primarios. Estos son más reales y contienen ya en sí lo individual. Por el contrario, Occam, más rigurosamente aún que los anteriores nominalistas, acepta como real sólo lo individual. No esto, sino lo general

es lo que debe ser explicado. Los conceptos generales (o universales) son solamente signos y *termini*. De esta manera, en realidad, no existe «pluralidad», sino solamente «qué» y «dónde». Las categorías aristotélicas —tales como sustancia, cualidad y cantidad— no dividen a las cosas, sino que solamente las designan. La relación concorde que el tomismo veía entre razón, ciencia y fe la destruye Occam, al declarar no solamente los dogmas de la fe, sino toda la teología como no cognoscible y no conforme a la razón. (El pensamiento de la fe opuesta a la razón era una antigua tradición: *credo quia absurdum.)*

Puesto que Dios y, en general, las fórmulas de fe no se pueden demostrar, no se puede tratar con conocimientos apropiados a la ciencia, allí donde el hombre depende únicamente de la fe. Occam se pronunció porque la Iglesia se limitara a su doctrina teológica de fe y porque la filosofía se libertara de la teología.

Dado que Occam defendió también sus convicciones en la política práctica de la Iglesia y luchó encarnizadamente contra las pretensiones mundanas de la Iglesia (antes de su encarcelamiento pudo huir a Munich), consiguió él y el nominalismo defendido por él un influjo dominante, que llega hasta Kant. Filosofía y teología, verdades de fe y conocimientos científicos fueron ahora estrictamente delimitados unos de otros. Había comenzado el conflicto de dos mundos, característico de nuestra Edad Moderna, de una conciencia dividida en ciencia y fe (la «doble verdad» la había postulado ya Averroes), que preparó el terreno al Renacimiento y a la física experimental de las ciencias de la naturaleza. A esto vamos a aludir ahora.

Antes de recorrer el camino que llevó a la física a separarse de la teología y metafísica, debemos recordar al filósofo que, no sin razón, es considerado como el padre de la filosofía de la Edad Moderna, el francés René Descartes, nacido en 1596. Con él, el primer gran racionalista, comienza una nueva metafísica,

que parece estar libre de todas las ataduras tradicionales. El llega, por la duda radical acerca de la realidad, a dos ámbitos de ser existentes uno al lado del otro: el del pensar, es decir, el de la existencia espiritual, y el de la extensión, o materia. El momento metafísico de esta separación se expresa en el mundo independizado de los pensamientos, de tal manera que el hombre como «sustancia pensante» —la *res cogitans*— vive en el desdoblamiento, en cuanto que corporalmente es una «sustancia extensa» —una *res extensa*—. En su *Tratado sobre el método* explica en 1637 los presupuestos filosóficos de aquel desdoblamiento tan trascendental que fundamenta el método de las ciencias de la naturaleza:

> «Había notado desde hace tiempo que, respecto a las costumbres, a veces uno se ve obligado a seguir pareceres, que sabe no son ciertos, como si fueran indudables, según ha sido ya explicado. Pero, puesto que ahora deseo dedicarme solamente a la investigación de la verdad, tuve por necesario hacer exactamente lo contrario y rechazar como absolutamente falso todo aquello de lo que pudiera tener la más pequeña duda; y esto, para ver si después permanece en mi convicción algo que sea totalmente indudable. Ahora bien, ya que nuestros sentidos nos engañan a veces, quise suponer que no hay cosa alguna que sea tal y como nos la representamos a través de ellos. Más aún, puesto que hay hombres que se equivocan al argumentar, aun cuando se trate de las materias más fáciles de la geometría, y sacan conclusiones falsas, por esto, en la suposición de que yo estoy sometido a la equivocación tanto como otro cualquiera, rechacé como falsos todos los motivos que había considerado hasta entonces como convincentes. Consideré, por último, que todos los pensamientos que tenemos cuando estamos despiertos, nos vienen también durante

el sueño, sin que por esto uno solo sea cierto, y tomé por tanto la decisión de fingir que todas las cosas que han llegado jamás a mi espíritu no son más verdaderas que los fantasmas de mis sueños.

Sin embargo, me di cuenta en seguida de que, mientras yo quería pensar como si todo fuera falso, era necesariamente exigible que yo que lo pensaba fuera algo. Puesto que llegué a ver claro que esta verdad 'pienso, luego existo' era tan firme y tan segura, que ni siquiera las más exageradas suposiciones de los escépticos estaban en situación de quebrantarla, juzgué que podía aceptarla sin reparos como primer principio de la filosofía buscada por mí.

Luego investigué concienzudamente qué era yo, y vi que yo podía imaginar que no tengo cuerpo, más aún, que no existe un mundo ni un lugar en el que yo estoy. Por el contrario, no podía imaginar que debido a ello yo no existiera, mientras que precisamente del hecho de que pensara yo en dudar de la verdad de las otras cosas se seguía con la mayor evidencia y certeza que yo existo. Si, por el contrario, yo hubiera dejado de pensar, no tendría motivo alguno para pensar que yo existía, aunque todo lo restante de lo que yo me había representado fuera cierto. De todo esto conocí que yo era una sustancia cuya esencia total o naturaleza consiste únicamente en el pensar y que no necesita lugar alguno para pensar, ni depende de cosa alguna material. Según esto, este yo, es decir, el alma, por la cual yo soy lo que soy, es completamente distinta de mi cuerpo *(distinct)* y más fácil de conocer que él; y aunque no hubiera cuerpo alguno, a pesar de todo el alma permanecería siendo lo que es» [8].

En las *Regulae*, las reglas para el gobierno del espíritu, esboza Descartes un orden de la realidad rigu-

rosamente clasificado conforme a la razón, en cuanto abstrae conceptualmente de la apariencia real de las cosas sus propiedades, un método que se parece a la transformación racional de la doctrina diferenciada de las ideas de Platón en conceptos universales categoriales.

Reproducimos a continuación un fragmento de la regla XII:

> «Decimos por tanto, en primer lugar, que las cosas individuales se han de ver según el orden de nuestro conocimiento de una manera distinta a como hablamos de las mismas atendiendo a su existencia real. Si consideramos, por ejemplo, un cuerpo de determinada extensión y figura, tenemos que conceder que éste en realidad es algo único y simple; pues no se le podría designar en este sentido como una composición de la naturaleza del cuerpo, de la extensión y de la forma, puesto que estas partes nunca han existido en existencia separada; pero en atención a nuestro entendimiento le designamos como una composición de estas tres naturalezas, que hemos conocido individual y separadamente antes de que pudiéramos juzgar que aquellas tres se encuentran al mismo tiempo en un único y mismo sujeto. Puesto que aquí tratamos de las cosas sólo en cuanto son concebidas por el entendimiento, designamos solamente como simples aquellas cuyo conocimiento es tan diáfano y distinto, que no pueden ser divididas por nuestro espíritu en una pluralidad de partes conocidas aún más distintamente; de esta especie son figura, extensión, movimiento y otras semejantes. Pero de todas las restantes pensamos que en cierta manera se componen de éstas» [9].

Descartes concibió la justificación de su filosofía fuertemente dualística en la existencia de Dios como

espíritu perfecto. Aun cuando no existiera unión real alguna entre Dios y el mundo material, ni siquiera entonces estaría el yo humano como sujeto solo frente al mundo. Pero se abría el camino hacia una descripción objetivo-matemática de la naturaleza, independiente de la «palabra de Dios». Galilei escribe a Elia Diodati el año 1633: el año del proceso segundo y definitivo:

> «Pero si yo pregunto si Dios, para amoldarse al entendimiento de la multitud, ha cambiado alguna vez sus obras, o si la naturaleza en sí inmutable e inalcanzable a los deseos humanos ha conservado siempre la misma manera de movimientos, figuras y particiones, estoy seguro que se me respondería que la luna será siempre redonda, aunque se la haya tenido largo tiempo por plana. Para compendiar todo esto en una frase: Nunca se podrá afirmar que la naturaleza ha cambiado, para amoldar sus obras a la opinión de los hombres. Si esto es así, entonces pregunto, ¿por qué tenemos que aplicar nuestras investigaciones a las palabras en lugar de a las obras de Dios, para llegar al conocimiento de las distintas partes del mundo? ¿Es tal vez la obra menos excelsa que la palabra? Si alguien hubiera afirmado que es una herejía decir que la tierra se mueve, ¡en qué dificultad se encontraría la Iglesia! Si, por el contrario, se considera secundaria la Sagrada Escritura allí donde las obras se muestran necesariamente en desacuerdo con las palabras, esto no la perjudicaría; pues la Iglesia se ha amoldado frecuentemente a la opinión de la muchedumbre y con frecuencia ha atribuido a Dios propiedades totalmente falsas. De aquí que yo pregunte, ¿por qué deseamos que cuando habla del sol, de la tierra se haya expresado tan exactamente?» [10].

En los *Diálogos* de Galilei sobre los dos sistemas principales del mundo (el de Ptolomeo y el de Copérnico) hay lugares que iluminan el camino andado desde Parménides, pasando por Platón y Aristóteles hasta Descartes, hacia una segura autoconciencia del hombre, el cual compara la certeza de sus conocimientos con la inteligencia divina. En el conocimiento de las leyes matemáticas de la naturaleza concibe Galilei aquella verdad objetiva que se asemeja fundamentalmente al Espíritu de Dios. El hombre es sólo inferior a él en cuestión de grados:

> «Es necesario acogerse a una distinción filosófica», dice Galilei, «y dejar sentado que el concepto del entendimiento puede ser empleado de dos maneras, a saber, intensiva o extensivamente. Extensivamente, es decir, en relación con la cantidad de cosas inteligibles, cuyo número es infinito, la razón humana es tanto como nada, aunque hubiera conocido mil verdades; pues mil en comparación a la infinitud es nada. Pero si se considera el entender intensivamente, en cuanto esta expresión significa la intensidad, es decir, la perfección del conocimiento de cualquier verdad individual, afirmo que el entendimiento humano entiende algunas verdades tan perfectamente y está tan incondicionalmente seguro de ellas, como solamente puede estarlo la misma naturaleza. A estas verdades pertenecen los conocimientos puramente matemáticos, a saber la geometría y la aritmética. Sin duda alguna que el Espíritu divino conoce infinitamente más verdades matemáticas, puesto que conoce todas. Pero el conocimiento de estas pocas que ha entendido el espíritu humano iguala según mi opinión en certeza objetiva al conocimiento divino: pues llega hasta la inteligencia de su necesidad, y no puede haber un peldaño más alto de certeza» [11].

Isaac Newton (1643-1727) completa la física de Galilei. Funda el determinismo causal de la mecánica, en cuanto deduce de los fenómenos observados en la naturaleza fuerzas generales que, formuladas en frases matemáticas, permiten describir los procesos físicos como mecanismos de leyes naturales. En el tercer libro de los *Principios matemáticos de la filosofía de la naturaleza* escribe Newton que en la física experimental «las fórmulas se deducen de los fenómenos y se generalizan por inducción. De esta manera hemos conocido la impermeabilidad, la movilidad, el choque de los cuerpos, las leyes del movimiento y de la gravedad. Basta con que exista la gravedad, con que obre según las leyes explicadas por nosotros y con que sea capaz de explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y del mar». En la misma obra expuso Newton reglas para la investigación de la naturaleza:

«1.ª regla. Admitir únicamente como causas para la explicación de las cosas naturales, las que sean verdaderas y basten para la explicación de tales fenómenos.

Los físicos dicen: la naturaleza no hace nada en balde, y en balde es aquello que se realiza por muchos y puede ser hecho por menos. A saber, la naturaleza es sencilla y no se prodiga en causas superfluas de las cosas.

2.ª regla. Por tanto, en cuanto sea posible, se debe atribuir las mismas causas a los mismos efectos. Así, a la respiración de los hombres y de los animales, a la caída de las piedras en Europa y América, a la luz del fuego de la cocina y del sol, a la reflexión de la luz de la tierra y de los planetas.

3.ª regla .... Aquellas propiedades de los cuerpos que no pueden ser ni aumentadas ni disminuidas y que se dan en todos los cuerpos en los que es

posible hacer experimentos, hay que considerarlas como propiedades de todos los cuerpos» [12].

Newton había formulado la ley de la inercia, que dice que sin el influjo de fuerzas exteriores un cuerpo tiende a permanecer en el estado de reposo o de movimiento uniforme. Definió la «fuerza», la «masa» y la «aceleración» no por lo que éstas son, sino más bien por sus funciones mecánicas, así por ejemplo el cambio del impulso de movimiento de una masa (de la cantidad de movimiento) con el tiempo, que es igual a la fuerza que obra este cambio: fuerza igual a masa por aceleración. La segunda ley del movimiento de Newton afirma que un cuerpo se mueve de tal manera, que en todo momento su aceleración, es decir, el cambio de velocidad en el tiempo, es igual a la fuerza que obra sobre él partido por su masa. Esta ley, puesta aquí como ejemplo, permite el previo cálculo causal de transcursos de movimiento, si se conoce sus condiciones de iniciales. El determinismo causal se ha convertido desde la mecánica del cielo de Newton en principio decisivo y ha permanecido como tal hasta la teoría de la relatividad y de la mecánica quántica. En esto consiste, al mismo tiempo, su gran importancia filosófica, porque se puede demostrar que en el conocimiento de fenómenos de movimiento, presión o rechazo en la naturaleza no se necesita ya de presupuestos o relaciones metafísicas; que se puede concebir la naturaleza como un reloj. Esto distingue a Newton de Kepler, que Newton no valora las leyes como confirmación de fines metafísicos y que puede deducir más bien las leyes de Kepler de las órbitas del movimiento. Resultan de la fuerza de atracción del sol, que es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el sol y los planetas —como en general entre dos cuerpos—. Sobre esta fuerza de gravitación obra por otra parte la resistencia del cuerpo proveniente de su inercia (re-

sistencia de inercia), de tal manera que fuerza de gravedad y fuerza centrífuga determinan juntamente las órbitas de los planetas. Partiendo de este fenómeno especial, y esto será lo esencial, llegó Newton a la ley universal de gravitación, según la cual todas las masas en el mundo se atraen recíprocamente. Aquí la fuerza de atracción es proporcional al producto de las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Si, según esto, se pueden calcular matemáticamente los transcursos de movimiento y los efectos dinámicos, surge la pregunta de para qué se necesita en absoluto una metafísica que explica el sentido y el ser del mundo como obra de Dios. Lo que no se podía explicar eran las condiciones iniciales, bajo las que se produjo la perfecta regularidad de los movimientos planetarios, y la exactitud de las leyes de la naturaleza, que fueron un día esbozadas. Aquí la física no podía ni puede explicar nada, y pareció que la metafísica tenía únicamente la tarea de llenar las lagunas del saber de las ciencias naturales. El mismo Newton fue un hombre profundamente religioso y muy prudente en relación con las premisas metafísicas. Pero una vez que el mundo fue aceptado como infinito, necesitó algo absoluto a lo cual pudieran ser referidos los movimientos en el cosmos. Por esto supuso que hay un espacio absoluto y un tiempo absoluto, y concibió el espacio como órgano sensorial de Dios. Espacio y tiempo, como categorías fundamentales de orientación independientes una de otra, han acuñado hasta nuestro siglo la imagen del mundo, y, desde que Kant las definió como condiciones fundamentales del conocimiento dadas *a priori*, formaron las dimensiones de orientación en la imagen del mundo de la Edad Moderna.

Desde un punto de vista ideológico —hay que mencionar todavía—, jugó un papel importante en el pensamiento de Newton el llamamiento de Francis Bacon, su exigencia de un método inductivo y de experimen-

tos. Sobre todo en la Academia que marcaba la pauta en Inglaterra a las ciencias naturales, la Royal Society, gozó Bacon de gran consideración. Pero todavía más esencial fue el influjo del filósofo y hombre de estado Thomas Hobbes (1588-1679). El rechazó todo pensamiento especulativo-metafísico y exigió una deducción estrictamente causal de los fenómenos de la naturaleza y de las causas de éstos. Pensar es en primera línea unir y separar. Dicho de una manera exagerada: Pensar es calcular y puesto que todo está fundamentado causalmente, tampoco la voluntad humana es libre, sino predeterminada. La física, no sometida ya a la metafísica tradicional, encuentra sus axiomas y presupuestos metódicos —después de que, a partir de Descartes, se llevó a cabo también la separación entre mundo exterior e interior— en la matemáticas y en el procedimiento argumental del experimento. En esto las matemáticas son para el físico *su* metafísica. Pero la física no puede responder a la pregunta acerca de los presupuestos y condiciones de la experiencia. Esta tarea se la hace propia el filósofo Emmanuel Kant. El funda una nueva metafísica como ciencia de la razón. En los *Prolegomena*, publicados en 1783, que preceden a su *Crítica de la razón pura*, plantea esta pregunta: «¿Cómo es posible en absoluto la metafísica?» Kant enlaza no solamente con Descartes, sino inmediatamente también con la pretensión de la antigua metafísica de Aristóteles y con la doctrina de Platón sobre las ideas como conceptos de la razón.

«Metafísica tiene que ver no sólo con conceptos de la naturaleza que siempre encuentran su aplicación en la experiencia, sino también con puros conceptos de razón, que no se dan en ninguna clase de experiencia posible, por tanto con conceptos, cuya realidad es objetiva (pues no son simples quimeras) y con afirmaciones, cuya verdad o falsedad no puede ser comprobada o descubierta

por experiencia alguna; y esta parte de la metafísica además es precisamente la que constituye la finalidad esencial de la misma, para la que todo lo demás es únicamente medio, y así nececita esta ciencia una tal deducción por causa de sí misma. Por tanto, la pregunta que ahora se nos plantea se refiere al mismo tiempo al núcleo y a lo propio de la metafísica, a saber ese ocuparse de la razón sólo consigo misma y al empollar sus propios conceptos, la toma de contacto con los objetos que se supone nace inmediatamente de ello, sin necesitar la mediación de la experiencia, aún mas sin poder llegar a ello por medio de la misma...

Por tanto, de la misma manera que el entendimiento necesita de las categorías para la experiencia, así la razón encierra dentro de sí el fundamento para las ideas, bajo las cuales entiendo conceptos necesarios, cuyo objeto sin embargo no puede ser dado en experiencia alguna (§ 40) (cfr. capítulo IV, pág. 163).

La distinción de las ideas, es decir, de los conceptos de la razón pura y las categorías o conceptos de puro entendimiento como conocimientos de una especie, origen y empleo completamente distintos es un elemento tan importante en la fundamentación de una ciencia que *a priori* debe contener el sistema de todos estos conocimientos, que sin una tal separación es imposible en último término la metafísica o, a lo sumo, es un intento sin norma, chapucero... Si la *Crítica de la razón pura* hubiera conseguido únicamente esto, poner ante los ojos en primer lugar esta diferencia, hubiera aportado ya más a la explicación de nuestro concepto y a la dirección de la investigación en el campo de la metafísica, que todos los esfuerzos infructuosos jamás intentados por cumplir con la tarea trascendental de la razón pura, sin imaginarse nunca que se encontraba en un campo totalmente distinto

al del entendimiento, y de aquí que nombraran en una misma línea los conceptos del entendimiento y de la razón, como si fueran de una misma clase (§ 41).

En todos aquellos casos, donde las operaciones que nosotros combinamos son puras ideas, que (según todo su contenido) no pueden de ninguna manera darse en la experiencia, nunca podremos ser contradichos por la experiencia. Pues ¿cómo podemos deducir por experiencia si el mundo existe desde la eternidad o si tiene un principio? ¿Si la materia es divisible hasta el infinito o si consta de partículas simples?... Es cierto: a partir de toda la experiencia posible no podemos dar un concepto determinado de lo que las cosas puedan ser en sí mismas. Y, sin embargo, no somos libres, ante la pregunta acerca de éstas, de eludirla totalmente; pues la experiencia nunca satisface totalmente a la razón; sino que nos empuja siempre de nuevo a responder a las preguntas y nos deja insatisfechos con respecto a la explicación de las mismas... (§ 52 b).

En cuanto que el conocimiento de la razón es homogéneo, no se pueden pensar límites determinados de ella. En las matemáticas y en las ciencias de la naturaleza la razón humana conoce barreras, pero no límites, es decir, reconoce que sin duda hay algo fuera de su alcance, a lo que nunca podrá llegar, pero no que ella misma en su progreso interno pueda llegar alguna vez a conseguir su perfección. La ampliación de los conocimientos en las matemáticas y la posibilidad de descubrimientos siempre nuevos van hasta lo infinito; y lo mismo el descubrimiento de nuevas propiedades de la naturaleza, de nuevas fuerzas y leyes por medio de la experiencia continuada y la combinación de las mismas por medio de la razón. Pero aquí tampoco se pueden negar barreras, pues las matemáticas se

refieren sólo a fenómenos, y lo que no puede ser objeto de la intuición sensorial, como los conceptos de la metafísica y de la moral, está totalmente fuera de su esfera, y nunca podrá conducir hasta ellos; pero tampoco necesita de los mismos... La ciencia de la naturaleza nunca nos descubrirá el interior de las cosas, es decir aquello que no es fenómeno, pero que no obstante puede servir como fundamento supremo de su explicación; ahora bien, tampoco necesita de esto para sus explicaciones físicas; incluso si le fuera ofrecido algo semejante (por ejemplo, influjo de esencias inmateriales) debe no aceptarlo y no aportarlo al progreso de sus explicaciones, sino fundamentar éstas en todo tiempo solamente sobre aquello que puede pertenecer a la experiencia como objeto de los sentidos, y puede ser puesto en concordancia con nuestras percepciones reales según leyes de la experiencia...

Sólo la metafísica nos conduce a límites en los intentos dialécticos de la razón pura; y las ideas trascendentales, precisamente porque no se puede tener trato con ellas, puesto que nunca se dejan verificar, sirven para demostrarnos no solamente los límites del uso de la razón pura, sino también la manera de determinarlos; y éste es también el fin y la utilidad de esta disposición natural de nuestra razón, que ha dado a luz a la metafísica como su hijo predilecto, cuya procreación, como cualquier otra en el mundo, no hay que atribuirla a la casualidad, sino a un germen originario, que está sabiamente organizado para grandes fines. Pues la metafísica, quizá más que ninguna otra ciencia, ha sido puesta en nosotros por la misma naturaleza según sus línea generales y no puede ser considerada como el producto de una elección cualquiera o como ensanchamiento ocasional en el progreso de las experiencias (de las cuales se distingue totalmente)» (§ 57) [13].

Por medio de Kant la metafísica racional, crítica es elevada nuevamente al rango de «prima philosophia». A esta filosofía trascendental la designa él como «la perfección de toda cultura de la razón humana».

«Dios, libertad, inmortalidad del alma», dice, «son aquellas tareas a cuyo cumplimiento tienden todos los preparativos de la metafísica como a su único y último fin».

Para la relación de la metafísica con la física es decisivo que sea precisamente la misma razón humana la que se adueña de la naturaleza. En el prólogo de la *Crítica de la razón pura* remite Kant al método experimental de la ciencia de la naturaleza y enlaza con el famoso experimento de Galilei relativo al movimiento de la esfera sobre un plano inclinado:

> «Así brotó una luz para todos los investigadores de la naturaleza. Comprendieron que la razón solamente entiende lo que ella misma produce según su propio bosquejo y que debe preceder a la naturaleza con los principios de sus juicios según leyes constantes y forzarla a responder a sus preguntas, pero que no debe dejarse llevar con andadores por la naturaleza adonde ella quiera; pues de lo contrario observaciones hechas por casualidad, según un plan no elaborado de antemano, no se unirán en una ley necesaria que es lo que la razón busca y necesita. La razón debe acercarse a la naturaleza llevando en una mano los principios según los cuales sólo pueden tener valor de ley fenómenos que concuerden, y en la otra el experimento, que ideó en conformidad con aquéllos, sin duda para ser adoctrinada por la naturaleza, pero no a la manera de un alumno, que se deja decir todo lo que el maestro quiere, sino a la manera de un juez nombrado, que obliga a los testigos a responder a las preguntas que les ha formulado...» [14].

Antes de esto la física no fue «sino un puro andar a tientas», y exactamente la misma expresión emplea Kant para la metafísica anterior. La física de la Edad Moderna le sirve de modelo para la orientación de su nueva metafísica: «En ese intento por cambiar el método anterior de la metafísica, a base de emprender, según el ejemplo de los geómetras e investigadores de la naturaleza, su total revolución, consiste el trabajo de esta crítica de la razón pura especulativa». Esta «revolución en la manera de pensar» es el famoso «cambio de Copérnico» de Kant:

> «Se aceptaba hasta ahora que todo nuestro conocimiento se debía regir por el objeto; pero todos los intentos por hacer *a priori* a base de conceptos, algo con lo cual se ensanchara nuestro conocimiento, fracasaron debido a tal hipótesis. Por lo cual, tratemos de ver si no avanzaremos más en las tareas de la metafísica, suponiendo que son los objetos los que se deben acomodar a nuestro conocimiento...
>
> Aquí ha pasado lo mismo que con los primeros pensamientos de Copérnico. Este, al ver que su explicación de los movimientos del cielo no progresaba si seguía aceptando que toda la muchedumbre de estrellas giraba en torno al espectador, hizo la prueba a ver si resultaba mejor, haciendo girar al espectador y por el contrario dejando en reposo a las estrellas. En la metafísica se puede intentar esto de una manera parecida, por lo que se refiere a la contemplación de los objetos. Si la contemplación se debiera acomodar al modo de ser de los objetos, no veo cómo podría saber *a priori* algo de ellos; pero si el objeto (como objeto de los sentidos) se acomoda al modo de ser de nuestra facultad de contemplación, puedo imaginarme perfectamente esta posibilidad. El cambio de 'método en la manera de pensar' consiste, por tanto, en que

'conocemos *a priori* de las cosas solamente lo que nosotros ponemos en ellas'» [15]. (Cfr. cap. IV, página 164.)

En un significado traslaticio, esta explicación, para la ciencia de la naturaleza, equivaldría a decir que conocemos de la naturaleza solamente lo que nosotros sacamos por medio de nuestras preguntas, a las que la naturaleza debe responder. Esta tesis ha conseguido realidad concreta en la física atómica. Pero Kant no la pensó naturalmente en este sentido, puesto que expresamente —como ya dice en los *Prolegomena*— se refiere a la física que está fundamentada en la intuición y percepción, es decir, a la física clásica, que objetiva en el experimento los conocimientos conseguidos por investigación empírica. Solamente esta física podía tener Kant ante la vista.

Con ayuda de las matemáticas y de los métodos instrumentales de medición pudo la física proseguir su camino, sin necesitar preocuparse de las condiciones de conocimiento. Mientras descubre y formula leyes generales de la naturaleza, no reflexiona sobre la razón del hombre, sino sobre una razón general del mundo, que se manifiesta en ellas. La doctrina de Kant sobre el «a priori» y sobre la «cosa en sí» —de ello hablaremos todavía en los capítulos siguientes— fue un apoyo esencial para aquel realismo metafísico de la física, que vivía de la fe en un mundo exterior como «realidad» propiamente dicha.

Por medio de su metafísica, Kant da a la filosofía la posibilidad de abandonar a su suerte a la ciencia de la naturaleza y de buscar su propia objetividad según los principios de su filosofía trascendental de la razón. Aparecen grandes sistemas de pensamiento en torno a la objetivación del espíritu. Kant llega a ser el padre de la filosofía del idealismo, que en Hegel alcanza su plenitud.

Ciencia de la naturaleza y filosofía se separaron

tanto más cuanto que bajo conceptos comunes —como lo absoluto y lo universal— entendían algo totalmente distinto. Para la física clásica lo absoluto es, por lo menos para los representantes del «realismo», idéntico a la existencia del mundo exterior independiente, para la filosofía idealista significa simplemente el ideal metafísico, el ser en cuanto tal, la realidad última o suprema razón del mundo, un ideal que, en esta metafísica especulativa, corresponde en todo al igualmente meta-físico ideal de la realidad del mundo exterior en la física. En las frases siguientes, pronunciadas por Max Planck en 1930, puede verse la aplicación que se hace de la doctrina de Kant:

> «Las dos frases: 'existe un mundo exterior real, independiente de nosotros' y 'El mundo exterior real no es cognoscible inmediatamente' forman juntas el juicio de toda la ciencia física» [16].

Planck es el defensor más eminente de lo «real metafísico» y del «espíritu ideal» absoluto. Esto puede parecer paradójico, pues precisamente él, con el descubrimiento del quantum elemental de energía, ha desbaratado las reglas de la ley clásica de la energía. Pero hasta última hora pareció incapaz de admitir las consecuencias revolucionarias de su descubrimiento, sobre todo por su convencimiento filosófico de que existe un absoluto:

> «Así, en la teoría de la relatividad, mal entendida muchas veces, tampoco ha sido abolido lo absoluto, sino que por medio de ella se ha puesto aún más de relieve hasta qué punto la física se funda en un absoluto situado en el mundo exterior... Podemos incluso afirmar con seguridad que lo absoluto en sí nunca será comprehensible para nosotros. Lo absoluto forma más bien una meta ideal que siempre tenemos ante nosotros, sin poder alcanzarla nunca: un pensamiento quizá desalentador,

pero al que debemos conformarnos» [17]. (Cfr. capítulo IV, pág. 170.)

Es precisamente esta convicción metafísica que confía en reglas normativo-absolutas, la que no puede compaginarse con los nuevos fundamentos de la física moderna, después que tuvo lugar el cambio revolucionario de la física atómica. Este cambio suprime aquella escisión clásica, que desde Descartes pareció estabilizar tan cómodamente el pensamiento y la investigación; aquel pensamiento que, con una estrechez de miras exactamente elaborada, concebía un mundo exterior incondicionalmente objetivo, predeterminado en sus causas, como naturaleza independiente de todo sujeto.

Hoy ha sido destruido este esquema, que estaba bajo la divisa del «divide et impera». En qué manera, nos lo dan a conocer los pensamientos siguientes del físico danés Niels Bohr tomados de una conferencia tenida en 1938 sobre *Problemas de la teoría del conocimiento en la física*. Bohr explica primero filosóficamente la nueva situación de la física atómica.

> «El profundo cambio de nuestra postura con relación a la descripción de la naturaleza, ocasionado por el desarrollo de la física atómica, está quizá expresado de la manera más clara por el hecho de que incluso el marco del principio de causalidad, que había sido tenido hasta ahora como fundamento indiscutible de toda explicación de los fenómenos de la naturaleza, ha demostrado ser demasiado estrecho para la intelección de aquellas regularidades singulares que rigen los procesos individuales del átomo. Es obvio que sólo razones muy convincentes pudieron inducir a los físicos al abandono del ideal de causalidad; pero el estudio de los nuevos fenómenos del átomo nos ha enseñado una y otra vez que preguntas cuya respuesta se consideraba inconmovible encerraban en sí mismas inesperadas sor-

presas. Todos ustedes han oído hablar seguramente de los enigmas ante los que nos han colocado durante los últimos años los problemas de las propiedades más elementales de la luz y de la materia. Las aparentes contradicciones que aquí se nos presentan son en realidad tan fuertes como las que condujeron al principio de nuestro siglo al desarrollo de la teoría de la relatividad. Como en aquel caso, su explicación sólo pudo ser encontrada gracias a un examen más exacto de los límites que las mismas nuevas experiencias imponen al uso inequívoco de los conceptos que entran en la descripción de los fenómenos. El punto decisivo en la teoría de la relatividad fue el hecho de que dos observadores que se movieran cada uno de ellos con relación al otro describirían el comportamiento de objetos dados de una manera esencialmente distinta. Por su parte, la explicación de las paradojas de la física atómica ha descubierto que la inevitable acción recíproca entre objeto e instrumento de medida pone, en principio, una frontera a la posibilidad de hablar en absoluto de un comportamiento de los objetos atómicos, independiente de los medios de observación.

Nos encontramos aquí ante un problema de la teoría del conocimiento, completamente nuevo para la ciencia de la naturaleza. Hasta ahora toda descripción de experiencias descansaba sobre la aceptación —que se refleja en el lenguaje corriente— de que es posible distinguir claramente entre el comportamiento de los objetos y de los aparatos necesarios para su observación. Este presupuesto no sólo encuentra su total justificación en la experiencia diaria, sino que además constituye el fundamento de la física clásica, que se vio redondeado de modo admirable por la teoría de la relatividad. Pero no bien tratamos con fenómenos como los procesos individuales atómicos, que por su naturaleza están

esencialmente determinados por la acción recíproca entre los objetos y los instrumentos de medida necesarios para la definición del método de ensayo, debemos investigar más detenidamente de qué clase son las conclusiones que en absoluto se pueden conseguir sobre estos objetos y cómo pueden resumirse.

Con relación a esto debemos tener en cuenta que la meta de todo experimento físico —a saber, conseguir experiencias bajo condiciones de ensayo reproducibles e indirectas— no nos permite más elección que emplear conceptos de la vida diaria, pulidos con ayuda de la terminología de la física clásica. Esto vale no sólo para la descripción de la construcción y manejo de los instrumentos de medida, sino también para la descripción de los resultados experimentales. Por otra parte, precisamente esta circunstancia trae consigo que ningún resultado del experimento efectuado sobre un fenómeno que por principio cae fuera del ámbito de la física clásica, ningún resultado, digo, nos permite establecer propiedades independientes de los objetos; está más bien indisolublemente ligado a una determinada situación, en cuya descripción entran también como elemento esencial los instrumentos de medida, que se encuentran en una acción recíproca con los objetos. Este último hecho proporciona la explicación inmediata de las aparentes contradicciones que aparecen cada vez que se intenta compendiar en una única imagen gráfica los resultados, referentes a objetos átomicos, obtenidos con ayuda de distintos métodos de ensayo.

Sin embargo, conclusiones sobre un mismo objeto, conseguidas bajo determinadas condiciones de ensayo que se excluyen entre sí, pueden ser calificadas acertadamente de *complementarias*, según una terminología empleada con frecuencia en la física atómica, pues, aunque su descripción no pue-

da ser compendiada en una imagen uniforme con ayuda de conceptos vulgares, expresa cada una de por sí aspectos igualmente esenciales del conjunto de todas las experiencias posibles, hechas sobre el objeto, en aquel campo. Gracias al conocimiento de este carácter complementario de las analogías mecánicas, con las cuales se intenta esclarecer los efectos individuales de la luz, se ha conseguido una explicación satisfactoria del enigma antes apuntado con relación a las propiedades de la luz» [18].

Sobre la función central del concepto de complementariedad, introducido por Bohr en la física, volveremos a hablar cuando tratemos —en el próximo capítulo— de la objetividad y subjetividad. Pero del texto citado se deduce ya que los esquemas clásicos de una división dualística del mundo exactamente delimitables se han vuelto caducos. Física y filosofía han entrado en una nueva y estrecha relación. El diálogo acaba de comenzar. Sin este diálogo no se podrá discutir la gran pregunta siguiente sobre la relación de ciencia y fe. Si la metafísica por su origen es filosofía del ser, entonces la física será también metafísica, si se ocupa de las leyes del ser. Bajo este aspecto, el cálculo de una «fórmula matemática del mundo», por ejemplo, se podría entender como una tarea metafísica de la física.

Es posible que, según Heidegger, «en el estrechamiento del ser como 'naturaleza' aparezca un eco tardío y confuso del ser como physis» [19], sin embargo, el concepto de naturaleza no sólo se ha ampliado esencialmente a la totalidad del mundo, sino que en la nueva experiencia de la historicidad de la naturaleza y de todo el ser se descubre más y más la dependencia recíproca de los conceptos entre sí y su dependencia de la pregunta hecha por el hombre. Pregunta que está siempre condicionada por la época en que vive y por su conciencia del mundo.

WOLFGANG WIELAND

SOBRE FISICA Y METAFISICA

Hay quien al hablar de metafísica se imagina bajo este concepto una serie de especulaciones incontrolables sobre las últimas cosas, sobre Dios y sobre el mundo. Aceptará por lo general en tales cuestiones un punto de vista más o menos liberal, pues querrá respetar la manera de pensar de los demás. Sabe que una discusión a base de argumentos ya no merece la pena, cuando se trata de cosas que están al margen de toda comprobación. De todos modos, los argumentos sólo valen en la medida en que se está dispuesto a someterse a un control racional. La ciencia, que el hombre actual distingue tajantemente de los ámbitos en que se mueven la metafísica y las ideologías, nos proporciona el único campo posible de un saber válido para todos y verificable.

Quien así piensa difícilmente se preguntará por qué la metafísica ya en su mismo nombre está relacionada con la física. Sin embargo, habría que inquirir si aquí existe sólo una relación de nombre, o también de la cosa. Es sorprendente que esta relación aparezca ante nuestros ojos tanto más clara, cuanto más retrocedemos en la historia. Entonces vemos que la metafísica de los griegos estaba todavía muy lejos de expresar siquiera el contenido de ideologías facultativas. Al principio fue incluso un complemento de la física; una ciencia que se obligaba a una severidad y exac-

titud aún mayores que la física. Tenía la tarea de fundamentar y argumentar aun allí donde la física había llegado al límite de sus medios. Pues los presupuestos de la física no son nunca objeto de la física. Sin duda que originariamente la física fue algo distinto de lo que hoy es. Pero debemos tener siempre en cuenta que la historia de la metafísica y la historia de la física nunca han marchado independientemente una de otra: la metafísica que una época posee y cultiva depende mucho de la física, es decir, de la teoría del mundo perceptible y experimentable que tenga validez para ella. Pretendemos, por tanto, considerar más detenidamente las etapas decisivas del desarrollo histórico de la metafísica y de la física.

Es muy probable que el nombre de «metafísica» originariamente fuera poco más que una designación bibliotecaria o de técnica editorial. Cuando en el siglo I antes de nuestra cronología se compendió la obra de Aristóteles, al estilo de lo que hoy llamamos «obras completas», el editor Andrónicos de Rodas encontró una serie de investigaciones teóricas, para cuyo contenido no era fácil hallar una designación adecuada. Entonces estos textos fueron colocados en la edición completa detrás de los tratados sobre la física (en griego μετὰ τὰ φυσικά) y de aquí recibieron también su nombre. De este modo se había acuñado el nombre para una disciplina filosófica. Pronto este μετὰ τὰ φυσικά «detrás» (de la física) fue entendido no sólo en el sentido técnico editorial, sino también en conexión con el contenido: la metafísica, entendida de esta manera, se caracterizaba por ocuparse de las cosas que están detrás del mundo físico, perceptible por los sentidos. Pero si nos atenemos a esta explicación, entonces la cosa de que se trata es más antigua que el nombre. Se puede decir: es tan antigua como el mismo pensamiento europeo.

Ya en la primitiva filosofía griega se elaboró una teoría del mundo natural, es decir, una física. Esto

sucedió en el siglo VI, y sobre todo en el siglo V antes de Cristo, después de que Tales de Mileto, que aún estaba en la penumbra de la leyenda, diera los primeros pasos. Este hecho sólo se podrá entender rectamente, si se piensa que aquí entra en juego un verdadero descubrimiento. La naturaleza no es algo que se dé de una manera natural e incuestionable y que esté a la vista. Tuvo que ser descubierta, como lo demuestra también el hecho de que hay círculos de cultura en los cuales no existe nada que se parezca a un concepto o una experiencia de la naturaleza. Basta pensar en el mundo del Antiguo Testamento, para ver que concepto y experiencia de un mundo existente como naturaleza es cualquier cosa menos natural.

En el momento en que los griegos comienzan a esbozar una teoría del mundo natural, una física, sobrepasan al mismo tiempo este mundo natural. Ahora bien, este mundo ya no es aceptado sin más; es algo que necesita explicación e interpretación. Se intenta comprender la naturaleza, y esto, partiendo de principios que no caían bajo los sentidos como caían los objetos del mundo que debían explicar. La figura decisiva de la primitiva filosofía griega es Parménides. A la multiplicidad y mutabilidad del mundo natural opone él como realidad verdadera lo invariable y no sometido al tiempo, es decir, lo eterno y uniforme. Esta distinción ha seguido siendo hasta hoy el compendio de toda física y metafísica; como realidad propiamente dicha tiene valor lo opuesto al cambio y transmutación, ya se considere esto como idea, como sustancia o, más bien —así se hace hoy gustosamente—, como ley de la naturaleza.

Lo permanente y lo mudable están todavía de tal manera relacionados en la filosofía griega, que es difícil separar perfectamente la física de la metafísica. Ambas forman aquí todavía un conjunto; a lo sumo son posibles distintas modulaciones de la pregunta por lo permanente en el cambio del mundo. Lo mismo si-

guió ocurriendo en los períodos más fecundos de la historia de la ciencia: física y metafísica estaban relacionadas entre sí, porque ambas trataban siempre del mismo objeto, a saber, el único mundo real. Pero aún entonces permanecieron diferenciadas, porque nunca fue posible explicar el mundo por sí mismo, tal como se ofrece a la experiencia: Si se pretende algo más que un mero aceptar el mundo, entonces se hace necesario sobrepasarle.

A una distinción de física y metafísica como disciplinas distintas con ámbitos de objetos totalmente distintos se llegó por primera en el contexto de la filosofía de Platón. Si se pretende interpretar el mundo real, perceptible por los sentidos bajo el presupuesto de que junto a él existe aún un segundo mundo, más elevado, es decir, un mundo suprasensible de las ideas, entonces adquiere importancia la pregunta: en qué relación pueden estar estos dos mundos así diferenciados. No sabemos si Platón mismo defendió una tal teoría de dos mundos; sin embargo, es seguro que esta teoría de dos mundos tiene su origen en una determinada interpretación de Platón, como aparece por primera vez en Aristóteles. En esta interpretación adquiere una importancia especial la doctrina de la creación del mundo del diálogo *Timeo*, concebida por el mismo Platón sólo de una manera metafórica. Aristóteles criticó con buenos argumentos esta división de dos mundos. Pero lo consiguió solamente al precio de una nueva división. Fue el primero que llevó a cabo la división de física y metafísica como disciplinas doctrinales distintas. Pero precisamente en la obra de Aristóteles aparece lo relacionadas que están entre sí física y metafísica: aunque de distinta manera y bajo distintos presupuestos, tienen ambas que ver con un mundo real. La distinción es aquí una distinción en la manera de consideración y en el método, pero no en el objeto.

Cuando hablamos de física griega, debemos pensar

en una consideración de la naturaleza, que explica el mundo dado mediante estructuras de validez universal y no sometidas al tiempo, mediante ideas o formas esenciales; en ese caso, la metafísica es la ciencia que considera lo permanente en cuanto tal, pero no bajo el punto de vista de que es algo permanente en medio del cambio. Esto explica por qué la física y la metafísica se ordenan la una a la otra. Pero hay que pensar también que la física griega, lo mismo que la metafísica, es una ciencia puramente contemplativa. Observa su mundo desde lejos, sin ser afectada por él, de una manera pasiva y carente de interés práctico. Ve en la posibilidad de una tal distancia teórica una categoría especial. De esta postura teórica depende también, el que en la física antigua el experimento nunca alcanzara una importancia especial.

Todo esto ha experimentado en la Edad Moderna un cambio fundamental. De una manera especialmente clara se puede estudiar este cambio en los dos físicos más significativos del comienzo de la Edad Moderna, Galilei y Newton. A primera vista parece existir aquí una rotura total con la tradición, en cuanto que ya no se pregunta *qué* son las cosas del mundo natural según su esencia, sino *cómo* se comportan y *cómo* se mueven. Se miden las cualidades numéricamente comprensibles de las cosas y de sus movimientos y se busca una regularidad, que pueda expresarse en una fórmula y que permita representar en forma universalmente válida estas cualidades comprensibles con ayuda de los números.

A una fórmula de esta clase llamamos corrientemente ley de la naturaleza. La física de la Edad Moderna coincide con la física antigua y con la de la Edad Media en que investiga en todo cambio lo que no está sujeto a cambio. Ahora bien, ve lo permanente no en cualidades externas u ocultas de las cosas, y mucho menos en un mundo superior, sino en la ley de este cambio, a saber en la regularidad con que tie-

nen lugar estos cambios. De ahí se sigue que la física de la Edad Moderna no necesita ya ser completada por una metafísica al estilo tradicional. Los fundadores de la física de la Edad Moderna quisieron conscientemente construir de tal manera su nueva ciencia, que no necesitara de fundamentos metafísicos. Esto se muestra sobre todo en la tendencia a prescindir consecuentemente en la explicación de los fenómenos de la naturaleza de toda aceptación de propiedades o fuerzas ocultas. De una manera más impresionante aparece esta tendencia en el esfuerzo por prescindir también de Dios como última causa de todo movimiento dentro del mundo. Esto no implica de ningún modo una negación de la existencia de Dios, como ha sido a menudo mal entendido, sino que más bien implica un ateísmo hipotético y metódico, como fundamento de la investigación de las ciencias naturales. Ateísmo metódico significa aquí: el esfuerzo por explicar todo lo que sucede dentro del mundo suponiendo exclusivamente la existencia de leyes naturales. Si se quiere también ver en Dios el Creador de las leyes de la naturaleza, los fenómenos del mundo natural no deben ser explicados por la aceptación de una inmediata intervención divina. La física moderna se esfuerza por hacer tales afirmaciones sobre el mundo natural, que no necesiten para su fundamentación de la referencia a una voluntad divina.

Pero la metafísica entra otra vez en juego en la Edad Moderna de una manera totalmente distinta, a saber como metafísica de la subjetividad. Esto quiere decir que la física de la Edad Moderna pudo comprar su liberación de las antiguas implicaciones metafísicas solamente trasladando el problema de su fundamentación a la conciencia del que calcula, investiga y observa. Una ley de la naturaleza, en sentido moderno, no se «halla» sencillamente en la realidad sensible ni en una realidad objetiva «superior». A lo sumo se puede aceptar hipotéticamente su valor y después ver

si una tal hipótesis soporta un examen a base de observación y experimento. Pero la hipótesis es entonces, en último término, solamente una creación de la conciencia subjetiva o de la razón. Está formulada sin duda con vistas a la experiencia, pero no procede de ella. En este sentido hay que entender la frase de Kant de que la razón ve solamente aquello que ella misma proyecta; pues la razón sólo puede llegar a tener un conocimiento de la naturaleza, cuando se acerca a ésta a la manera de un juez que obliga a los testigos a responder a preguntas formuladas de antemano. Por tanto, la física moderna hace necesario, como lo vio y lo expresó Kant, el retorno al ámbito de la razón y de la subjetividad, si se quiere comprender el fundamento de la certeza de sus conocimientos. Así se explica que en la Edad Moderna la conciencia haya pasado a ser el centro de la problemática filosófica: sólo en la Edad Moderna existe una teoría del conocimiento como disciplina filosófica independiente, a la que se exige la fundamentación última de todo saber. Y sólo ahora puede la pregunta tristemente célebre sobre la realidad del mundo exterior expresar un problema fundamental del pensamiento filosófico.

El desarrollo desde Kant está caracterizado por el hecho de que la investigación de las ciencias naturales se dilató tanto y se especializó tanto, que pronto fue imposible para la filosofía abarcar sus resultados ni siquiera en líneas generales. Schelling y Hegel fueron los dos últimos grandes pensadores que a este respecto estuvieron a la altura de su tiempo e intentaron interpretar también filosóficamente los distintos resultados de la investigación de las ciencias naturales. Esto tuvo su fin en el transcurso del siglo XIX. La metafísica cedió su puesto a la teoría del conocimiento y a la metodología, e intentó establecerse nuevamente en el ámbito de las ideologías, en el que no es posible un saber universalmente obligatorio y controlable, a no ser que se haga de las ideologías mismas objeto de un

interés histórico o psicológico. De acuerdo con la filosofía de la vida se ha acostumbrado a ver en los esbozos metafísicos del pasado solamente la expresión de ideologías y con esto a poner entre paréntesis su reivindicación de verdad. Partiendo de aquí es comprensible que hoy la física y la metafísica no sean consideradas frecuentemente en su relación recíproca y, en su lugar, se piense sólo en la oposición de ciencia e ideología. Aun cuando se dirija la mirada a los desarrollos revolucionarios que se han producido en la física de nuestro siglo, desarrollos que están sobre todo unidos a los nombres de Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, apenas si tienen influjo alguno en la respuesta a la pregunta fundamental de la relación de la física de la Edad Moderna y de la metafísica. A lo sumo con respecto a la fundación de la mecánica quántica se ha mostrado claramente que este conjunto de problemas es mucho más complicado de lo que en un principio pudo parecer.

Si preguntamos finalmente cuál es la situación actual, se deberá afirmar en primer lugar, que no existe una metafísica como la antigua en conexión con la física. Quien pregunte por una tal metafísica, deberá retroceder más allá de Galilei. Pero también la física más reciente depende totalmente de Galilei, por lo menos en cuanto parte de hipótesis y procede a base de matemáticas y experimentos. La metafísica que, supuesta esta física, es aún posible como ciencia, solamente podrá ser —como ya hemos visto— una metafísica de la subjetividad. Si somos sinceros, apenas podremos creer que sea posible hacer afirmaciones fundamentales acerca de las cosas de que se ocupa la física, sin aceptar los esfuerzos y fatigas que la física exige de sus seguidores. Todavía es posible, en cuanto hoy podemos ver, preguntar por lo que la misma física presupone. La metafísica entendida de esta manera no es solamente un complemento de la física, sino resultado de la reflexión sobre los presu-

puestos latentes en ella, de los cuales todo físico debe partir en su trabajo, pero de los cuales no sabe nada ni se le preguntará acerca de ellos. La seguridad y la exactitud de la física de la Edad Moderna no necesita tomar como objeto sus propios presupuestos. Por tanto, la tarea de la metafísica, teniendo en cuenta la física actual, puede consistir solamente en explicitar aquellos presupuestos latentes e implícitos en el físico. Esta metafísica no se podrá limitar naturalmente a una teoría de la conciencia. Hoy vemos que una metafísica de la subjetividad tiene que tener también en cuenta los ámbitos del lenguaje, de la historia y de la sociedad. Pues aun la ciencia más exacta está inserta, juntamente con la conciencia que le está subordinada, en un mundo viviente, sin el cual de ninguna manera podría cultivar su exactitud. Se podrá discutir si entonces el nombre de «metafísica» sigue teniendo sentido. Pero si se piensa que la metafísica y la física han estado siempre orientadas la una a la otra, no pondremos objeciones a que hoy toda investigación que se ocupa de los presupuestos y condiciones de la física reciba también el nombre de investigación metafísica.

CAPITULO IV

OBJETIVIDAD Y SUBJETIVIDAD

Con un comentario de
MAX BORN

«Si consideramos el estado actual no sólo de la filosofía, sino también de toda la Universidad, no solamente de la ciencia, sino de toda la conciencia oficial, vemos que está dominada por la separación y extrañeza entre espíritu y materia. Ciencia del espíritu y ciencia de la naturaleza apenas si tienen un lenguaje común en el que poder dialogar y con frecuencia incluso se enorgullecen de esta extrañeza. Quien considera al hombre como hombre, como ser con alma, como espiritual, como responsable, sabe con frecuencia demasiado poco de su cuerpo y de la tierra sobre la que está, o de la manera como nuestras máquinas mueven hoy la materia. Quien por el contrario es capaz de mover la materia con máquinas, sabe con frecuencia demasiado poco del hombre y de su responsabilidad para con él».

Así describía el filósofo Carl von Weizsäcker hace pocos años en su discurso sobre *Descartes y la ciencia de la naturaleza en la Edad Moderna* la situación de nuestro tiempo, caracterizado por la disociación de la conciencia [1]. Esta disociación se expresa las más de las veces en la oposición de conceptos a que se orienta la ciencia de la Edad Moderna: objetividad y subjetividad. La objetividad expresa la exigencia de un objeto, de algo imparcialmente conocido y concebido por sí mismo. El concepto se refiere a la adecuación —objetiva— conforme a la cosa, que por tanto no está influenciada o no depende de opiniones,

intereses o valoraciones: de condiciones subjetivas. Que tres por tres sean nueve es válido sin más y no depende de cuándo, por quién o cómo sea calculado. La objetividad sólo cobra pleno sentido como concepto opuesto a subjetividad, y solamente en esta significación la exigencia de conocimiento objetivo es el criterio decisivo para afirmaciones y resultados científicamente válidos, y aún más en general: para la verdad científica. Esta limitación a la verdad científica quiere expresar que verdad no es sólo un concepto científico y que otras verdades determinadas, como la verdad de la fe religiosa, o la verdad personal, existencial, están excluidas de la verdad propia de los conocimientos de la ciencia objetivamente válidos. Este presupuesto debe ser tenido en cuenta tanto más, cuanto que en un tiempo dominado por la ciencia y la técnica tendemos a generalizar las exigencias de la verdad científica y a absolutizarlas tanto, que sólo reconocemos como verdaderos una afirmación o un hecho, cuando logran certeza científica, cuando están reconocidos y probados científicamente.

Todos nosotros empleamos la polaridad conceptual objeto-sujeto como una distinción que se nos antoja hasta trivial, cuando por ejemplo criticamos la opinión de alguno como «subjetiva» y exigimos de él que sea «objetivo, es decir, le intimamos a una postura neutral, a un pensamiento y un juicio lo más libres posible de sí mismo», de sus propios puntos de vista y sentimientos, y distanciado del yo como sujeto.

La oposición de estos conceptos sólo llega a ser expresión de la escisión de la conciencia, si su polaridad se destruye al absolutizarse la oposición. Esto sucede cuando la oposición es el criterio de separación metódica y tiene valor de rigurosa alternativa, es decir, en la ciencia de la naturaleza. Esta tiende, a base de métodos exactos y pruebas experimentales, a una radical separación entre los objetos y fenómenos de la naturaleza —en cuanto mundo exterior— y toda exis-

tencia, representación y sensación humanas. Como alternativa de la subjetividad, la objetividad en cuanto concepto de verdad sólo puede ser estrictamente operante si se excluye al hombre como ser viviente, de la misma manera que antes se hizo con Dios.

> «La oposición de lo objetivo y subjetivo ha sido exagerada hasta tal punto, que del lado subjetivo ya no se habla de verdad. Pero mientras esto sea así, ni el pensamiento científico puede ser corregido por medio de un pensamiento orientado al hombre, ni el humanismo tradicional puede tampoco ser corregido por medio de la objetividad científica, porque les falta un lenguaje común» [2].

El método de las ciencias naturales, un método que mide cuantitativamente, ha conseguido en el transcurso de este siglo un influjo tan arrollador que es empleado también en muchos ámbitos especializados de la ciencia de la naturaleza. Se desea a ser posible resultados empíricos numéricamente demostrables, experimentalmente controlables, como en la estadística para cada pregunta y objetivo domina el pensamiento cuantitativo.

En toda ciencia la oposición entre opinión subjetiva y conocimiento verdadero de la rectitud objetiva es el criterio fundamental, pero para las ciencias históricas, ligadas conscientemente a la historia, la objetividad tiene otra justificación. La desdichada expresión «ciencias del espíritu» quiere en todo caso dar a entender que aquí la experiencia y el conocimiento espirituales son los decisivos, entendidos como ámbito de conocer que no nos es dado de antemano a la manera de la naturaleza, y que no puede abstraerse del hombre y de su propia historia. Por el contrario, el hombre con la multiplicidad de su vida social, cultural y política es aquí el objeto de investigación. De aquí que una total independencia del estado objetivable de la cosa

en especialidades de la ciencia natural, incluso una separación de la situación histórica respectiva es no sólo imposible, sino que además no puede ser justificada objetivamente; lo cual no significa que no se intente una y otra vez aislar por especialidades resultados de investigación de tal manera que aparezcan como datos no históricos.

No sólo el grado, sino también el carácter del concepto de objetividad es fundamentalmente otro en las ciencias históricas, de acuerdo con los distintos métodos de enseñanza y de investigación. La descripción y el análisis de los problemas, la deducción y explicación causal bajo determinados principios heurísticos y relaciones conceptuales deben primero ser iluminados históricamente en una conexión permanente de los distintos campos del saber, y están sometidos inmediatamente a los cambios de la conciencia social y cultural y a sus intervenciones tradicionales, y en cambio no lo están a un desarrollo según las leyes de la naturaleza. Al amparo de este postulado de las ciencias naturales se ha intentado repetidas veces determinar el transcurso de la historia del espíritu o de la sociedad conforme a normas absolutas. Cuanto más han caducado entre tanto las leyes de evolución, regularizadas ideal e ideológicamente, tanto más ha entrado en crisis el concepto de objetividad, medido por categorías y leyes absolutas, lo mismo en la filosofía que en la física, en las ciencias del espíritu que en las ciencias de la naturaleza. La oposición a la subjetividad parece desaparecer desde que precisamente el concepto que establece medida y justificación en la verdad científica se ha convertido en problema de conocimiento.

Miremos hacia atrás en la historia. Los presupuestos filosóficos para la división conceptual en dos ámbitos de realidad independientes los creó, como ya he dicho, René Descartes. El redujo toda certeza al pensar:

«El pensamiento existe. Solamente él no puede ser separado de mí. Soy, existo. Esto es cierto» [3].

En la meditación sexta «sobre la existencia de las cosas materiales» lleva este pensamiento hasta la separación de lo corporal:

«Por el hecho de que yo sé que existo y de que yo entre tanto noto que ninguna otra cosa pertenece a mi naturaleza o esencia sino solamente que soy una cosa pensante, concluyo con razón que mi esencia consiste solamente en que yo soy una cosa pensante. Y aunque quizá —mejor dicho, ciertamente, como explicaré más tarde— tengo un cuerpo que está íntimamente unido conmigo, no obstante, como por una parte tengo una idea clara y explícita de mí mismo, en cuanto soy una cosa solamente pensante, no extensa, y como por otra parte tengo también una clara idea del cuerpo, en cuanto que es una cosa extensa, no pensante, es cierto que yo soy verdaderamente distinto de mi cuerpo y puedo existir sin él» [4].

Así el hombre, como ya hemos mencionado, está compuesto de la «sustancia pensante» *(res cogitans)* y de la extensa, de la materia del cuerpo *(res extensa)*.

«La naturaleza me enseña por medio de una sensación del dolor, hambre, sed, etc., que yo no estoy presente en mi cuerpo a la manera como el navegante lo está en su vehículo, sino que yo estoy unido y a la vez mezclado con él de la manera más estrecha, de tal manera que formo con él una cierta unidad. Porque, de lo contrario, yo que soy solamente una cosa pensante no sentiría dolor cuando es herido mi cuerpo, sino que concebiría esta herida solamente por medio del puro pensar, como el navegante percibe por medio de la vista si se rom-

pe algo en el barco, y cuando el cuerpo necesita alimento o bebida, yo pensaría esto de una manera determinada, sin tener las sensaciones confusas de hambre o sed. Pues estas sensaciones de hambre, sed, dolor, etc., con seguridad no son sino ciertas maneras de la conciencia, resultantes de la unión y mezcla al mismo tiempo del espíritu con el cuerpo» [5].

La ciencia de la naturaleza fundamentada matemáticamente desde Galilei pudo adherirse a este dualismo de cuerpo y alma, materia y espíritu, cuyos presupuestos se pueden encontrar tanto en la antigua filosofía de Platón como en la teología judeo-cristiana. Descartes halló la justificación de la separación racionalista en un mundo corporal y espiritual en la prueba de la existencia de Dios. «Esta idea del ser perfecto e infinito es, digo yo, verdadera en sumo grado», explica después de muchas reflexiones dudosas en la «tercera meditación». Dios como presupuesto para el conocimiento de la propia conciencia es para él la instancia propia, objetiva:

«Toda la fuerza concluyente del argumento está en que reconozco que yo mismo con esta mi naturaleza —a saber, en cuanto tengo en mí la idea de Dios— no podría existir, si no existiera también realmente Dios, aquel Dios, digo, cuya idea está en mí», y en la quinta meditación reconoce: «Y de esta manera veo claro, que la certeza y la verdad de todo saber depende únicamente del conocimiento del verdadero Dios».

Este método de probar la existencia de Dios, deducido de la reflexión sobre la conciencia de la propia existencia, fracasa con la *Crítica de la razón pura* de Kant. Kant demuestra la «imposibilidad de una prueba ontológica de la existencia de Dios» así como la imposibilidad de una prueba cosmológica, y explica:

«El concepto de un ser superior es una idea muy útil en cierto aspecto; pero precisamente por ser solamente idea es incapaz de extender nuestro conocimiento por medio de ella con respecto a lo que existe. Ni siquiera es capaz de instruirnos respecto de la posibilidad de algo distinto... Por tanto todo esfuerzo en la tan famosa prueba ontológica (cartesiana) de la existencia de un ser superior partiendo de conceptos es trabajo perdido, y un hombre a base de puras ideas puede llegar a ser tan poco rico en conocimientos, como un comerciante en fortuna, si a su dinero en caja quiere añadir algunos ceros para mejorar su situación» [6].

Con esta crítica un poco cínica y claramente adversa a la teología desaparece para la filosofía de Kant el concepto de Dios como la idea que engrana la división de Descartes. En lugar de la instancia última, exclusivamente determinante, entra la razón pura y su propio ideal. Con esto saca Kant la consecuencia, apuntada ya en la filosofía de Descartes, pero llevada a cabo por él, de que la confirmación de la conciencia humana por el pensamiento exige que la razón sea la máxima autoridad. Pero Kant lucha también contra su absolutización, en cuanto le marca las fronteras de la experiencia:

«No hay duda de que todos nuestros conocimientos comienzan con la experiencia, pues ¿por qué medio sería puesta en acción nuestra potencia cognoscitiva, si esto no sucede por medio de los objetos que afectan nuestros sentidos y producen en parte representaciones de los mismos, y en parte ponen en movimiento nuestra actividad intelectiva de compararlos, de unirlos o separarlos y elaborar de esta manera la materia prima sensorial para un conocimiento de los objetos que se llama experiencia? Por tanto, atendiendo al tiempo, ningún

conocimiento es anterior en nosotros a la experiencia, y con ésta comienza todo conocimiento. Pero si todo nuestro conocimiento comienza *con* la experiencia, sin embargo no todo precisamente nace *de* la experiencia» [7].

La condición de posibilidad del conocimiento empírico son, como enseña Kant, los conocimientos *a priori*, como las formas sensibles —espacio y tiempo— (confróntese cap. V, pág. 210) o las categorías intelectuales de la cantidad, de la cualidad, de la relación y de la modalidad o axiomas de las matemáticas. Ellas nos son dadas *antes* de toda experiencia, como condiciones de conocimiento que sólo la experiencia hace posible. Pero «en sí», independientemente de la experiencia, no podemos conocer nada. De la crítica de Kant resulta una situación completamente nueva para la relación de objetividad y subjetividad, porque de su ya mencionado «cambio copernicano» se deduce que el conocimiento está ligado a los principios de nuestra razón, «que en el conocimiento *a priori* no se puede añadir nada a los objetos fuera de lo que el sujeto pensante saca de sí mismo» [8]. Si Kant apunta con esto a las condiciones subjetivas para conocimientos objetivos que de suyo no pueden conseguirse, remite al mismo tiempo a la «cosa en sí», y éste es el verdadero problema de la contradicción. Esta es la salvedad fundamental de Kant. El conocimiento especulativo de la razón está limitado a «puros objetos de la experiencia», como escribe Kant en el prólogo a la *Crítica de la razón pura:* «Sin embargo, y esto debe ser tenido bien en cuenta, se hace siempre la salvedad de que, si no podemos *conocer* estos objetos como cosas en sí mismas, por lo menos debemos poder pensarlas».

En esta tesis está precisamente exigida la división de la conciencia. Kant, según una frase de Karl Jasper, debe «concebir conceptualmente lo conceptualmente inconcebible, para probar su imposibilidad de ser con-

cebido. Quiere comprender la relación objeto-sujeto, en la que nosotros nos hallamos al pensar, como si nosotros pudiéramos estar fuera, mientras que siempre permanecemos dentro» [9].

La «cosa en sí» metafísica, no experimentable, llega a ser el concepto de una objetividad ideal y hay que entenderla de esta manera como una delimitación negativa frente al conocimiento real. Aquí no podemos entrar en la problemática extraordinariamente difícil de esta cuestión; sin embargo podemos recordar que la aceptación del «mundo en sí» hace referencia al punto de vista científico de la física clásica: que el mundo «real» —como mundo exterior— existe independientemente de nuestra experiencia, actitud que es denominada «realismo metafísico» (en contraposición al sensualismo). Kant intentó limitar este realismo metafísico, remitiendo a los conocimientos *a priori*, anteriores a la experiencia. Como explica C. F. von Weizsäcker:

> «El reconoce que lo que cree el realismo metafísico no puede en manera alguna ser deducido de las experiencias que le han sido dadas y, sin embargo, tampoco puede ser eliminado porque representa el presupuesto para que le puedan ser dadas esas experiencias... En el fondo él necesita el concepto de cosa en sí solamente para conservar la cosa como apariencia en su carácter de 'objeto' y al mismo tiempo en su relación expresa al hombre que conoce» [10].

Precisamente esta relación a las condiciones de nuestro conocimiento, que hemos mencionado más arriba, ha adquirido ahora por medio de la física atómica —en la mecánica quántica— actualidad inesperada. De esto se hablará más tarde.

Frente a los conocimientos de los objetos está al otro lado el hombre como «yo» solo, el sujeto pen-

sante matemáticamente, que según Kant «sintetiza» la diversidad de todas las representaciones en la «unidad de la conciencia propia»:

> «El 'yo pienso' tiene que poder acompañar a todas mis representaciones», se dice en Kant, «pues si no, en mí sería representado algo que no podría ser pensado, lo cual equivale a que la representación o se haría imposible o sería nada por lo menos para mí. Aquella representación que puede ser dada antes de todo pensamiento se llama intuición. Por tanto, todo lo múltiple de la intuición tiene una relación necesaria al 'yo pienso' en el mismo sujeto, en el cual se concentra todo lo múltiple...
>
> Las múltiples representaciones que se dan en una determinada intuición no serían en conjunto mis representaciones, si no pertenecieran en conjunto a una conciencia propia» [11].

La concepción más grandiosa para eliminar filosóficamente la división sujeto-objeto la esbozó Georg Friedrich Wilhelm Hegel. El condena la «cosa en sí» metafísica de Kant:

> «La cosa en sí (y en la cosa está comprendido también el espíritu, Dios) expresa el objeto, en cuanto está abstraído de todo lo que es para la conciencia, de todas las determinaciones del sentimiento, como de todos los pensamientos determinados de la misma. Resulta fácil de ver qué queda: el abstracto total, lo totalmente vacío, determinado solamente como un más allá...» [12].

En el idealismo místico-especulativo de Hegel la razón pura llega a su perfección solamente en el transcurso de la historia del mundo, entendida como proceso de la propia realización de Dios, del espíritu del mundo. El es el sujeto propiamente dicho. «Dios no

(es) un abstracto», explica Hegel, «sino proceso, espíritu, sujeto» y es concebido por último en la conciencia del hombre como resultado del espíritu temporal progresivo. De esta manera el «yo» de la subjetividad humana es absoluto en la conciencia del espíritu del mundo. En cuanto el espíritu vuelve sobre sí mismo, llega también el hombre a sí mismo en tal reconciliación.

Hasta esta síntesis permanecemos prisioneros de la contradicción dialéctica, con los andadores de los «ardides de la razón». Pero precisamente esta experiencia de la contradicción en la persona, como en las oposiciones en general, nos incita a solucionarla. Hegel explica esto en su *Filosofía de la Religión:*

> «La grandeza del punto de vista del mundo moderno es esta profundización del sujeto en sí, de que lo finito se sabe a sí mismo infinito y a pesar de todo está afectado del antagonismo que intenta solucionar... El antagonismo es: Yo soy sujeto, libre, persona para mí; por tanto dejo también libre a lo otro, que está enfrente y permanece así. Los antiguos no llegaron a este antagonismo, a esta desaveniencia, que solamente puede soportar el espíritu que es en sí. Espíritu es solamente esto: concebirse a sí mismo infinito en este antagonismo» [13].

Hegel reconoce este espíritu en la revelación de la religión cristiana; en el «espíritu del mundo» está el espíritu de la razón, el Dios de los filósofos, idéntico al espíritu cristiano de Dios:

> «Este espíritu más elevado contiene la reconciliación y la liberación del espíritu, en cuanto que el hombre conserva la conciencia del espíritu en su generalidad e infinitud. El objeto absoluto, la verdad es el espíritu, y porque el hombre mismo es espíritu, está presente a sí mismo en este objeto y

ha encontrado en su objeto absoluto la esencia y su esencia» [14].

En la unidad del espíritu están unidos sujeto y objeto, son lo mismo:

«El espíritu se debe elevar a lo uno, su satisfacción debe ser lograda. La interioridad abstracta del sujeto se debe objetivar. Lo uno es lo objetivo; esto para la subjetividad es algo exterior, frente a su finitud algo infinito. El sentimiento de esta oposición es doloroso; pero su reconciliación consiste solamente en la seguridad de ser semejante a lo uno y poder recibirlo en sí. La paz de esta reconciliación consiste en la unión de lo infinito y de lo finito. La necesidad de esto es la conciencia de la unidad de ambos extremos. A ella pertenece la absoluta posibilidad de esta reconciliación o la unidad de la naturaleza divina y humana; esta unidad debe ser posible, es decir, ambas deben ser en sí idénticas. Pero la unidad misma es de nuevo Dios...

La identidad del sujeto y de Dios viene al mundo cuando se cumplió el tiempo: la conciencia de esta identidad es el conocimiento de Dios en su verdad. El contenido de la verdad es el espíritu mismo, el movimiento vivo en sí mismo. La naturaleza de Dios, ser espíritu puro, es revelada al hombre en la religión cristiana» [15].

Hegel supera la dialéctica de la separación sujeto-objeto, en cuanto suprime y sublima esta contradicción en Dios como la unidad absoluta. A esta ideal unión espiritual corresponde en Hegel psicológicamente la unión real. En la vida del hombre se guía por necesidades, por instintos. Son fines que quieren ser satisfechos, hacen consciente en nosotros la contradicción. Acerca de esto un texto de la *Ciencia de la lógica*, publicada por primera vez en 1827:

«Necesidad, instinto son los más próximos ejemplos de la finalidad. Son la contradicción sentida que tiene lugar dentro del sujeto viviente y pasan a la acción de negar esta negación, que todavía es pura subjetividad. La satisfacción establece la paz entre el sujeto y el objeto...

Aquellos que tanto hablan de la solidez e insuperabilidad de lo finito, tanto de lo subjetivo como de lo objetivo, tienen en aquel instinto el ejemplo de lo contrario. El instinto es por así decirlo la seguridad de que lo subjetivo sólo es parcial y no tiene verdad alguna de la misma manera que lo objetivo. Más aún, el instinto es la ejecución de esa certeza; él consigue anular esta oposición, lo subjetivo que es y permanece sólo algo subjetivo, como lo objetivo que de la misma manera es y permanece algo objetivo... La finalidad realizada es la unidad conseguida de lo subjetivo y objetivo» [16].

En la ciencia exacta de la naturaleza no había hasta nuestros días posibilidad alguna de entablar contacto con la filosofía de la unidad de Hegel; por el contrario, hacía más profundo el dualismo entre Dios y materia, entre la objetividad filosófica, es decir, especulativa y no demostrable del pensamiento y la objetividad experimentalmente probada de las leyes de la naturaleza formuladas matemáticamente.

Aquí naturaleza y materia —el mundo de los objetos—, allí hombre y espíritu del sujeto consciente. La división fue esquematizada paso a paso en la alternativa ideológica de materialismo e idealismo, mundo exterior y mundo interior, y en cada caso absolutizada parcialmente. También entre los físicos surgieron concepciones contrapuestas, correspondientes a la larga tradición filosófica (desde Locke y Berkeley). A los realistas por principio (o también idealistas) se oponían la mayoría de los empíricos por principio o tam-

bién sensualistas. Queremos ilustrar estas oposiciones con citas de escritos de Max Planck y de Ernst Mach:

> «Hubo tiempos», escribe Max Planck, «en los que filosofía y ciencia de la naturaleza estaban una frente a otra como extrañas y como enemigas. Estos tiempos están ya lejos. Los filósofos han comprendido que no es posible dictar prescripciones a los investigadores de la naturaleza, según qué métodos o en dirección a qué metas deben trabajar, y los investigadores de la naturaleza han visto claro que el punto de partida de sus investigaciones no está solamente en las percepciones de los sentidos, sino que también la ciencia de la naturaleza necesita de una cierta dosis de metafísica. Precisamente la física más reciente acuña de nuevo la verdad antigua con toda nitidez: Existen realidades que son independientes de nuestras percepciones sensoriales, y existen problemas y conflictos en los cuales estas realidades tienen para nosotros mayor valor que los más valiosos tesoros de todo nuestro mundo de los sentidos» [17].

La separación física entre sujeto y objeto, hombre y cosa está fundamentada metafísicamente en Planck por medio de la filosofía idealista, por medio del «espíritu ideal» como Dios de repuesto de la filosofía:

> «El pensamiento científico exige siempre una amplia distancia y una clara separación del sujeto pensante y del objeto pensado, y esta distancia está perfectamente garantizada por la aceptación de un espíritu ideal, que solamente puede entrar en juego como sujeto, nunca como objeto» [18].

Ahora la voz opuesta del físico y filósofo Ernst Mach, que enseñaba en Viena a finales de siglo. El se vuelve no sólo contra todas las especulaciones meta-

físicas, sino también decididamente contra la separación de un mundo exterior objetivo y un mundo interior subjetivo. Representa el punto de vista psicológico-sensualista y parte de que en realidad sólo las percepciones —como tonos, colores, olores— son lo realmente dado y de que las cosas son complejos de percepciones.

«Con frecuencia se habla de leyes de la naturaleza. ¿Qué significa esta expresión? Frecuentemente encontraremos la opinión de que las leyes de la naturaleza son reglas, a las cuales se sujetan los fenómenos de la naturaleza, parecidas a las leyes cívicas, a las cuales se deben sujetar las acciones de los ciudadanos... Si consideramos imparcialmente el devenir de la ciencia de la naturaleza, vemos su comienzo en nuestra observación de aquellos aspectos de los fenómenos, que para nosotros, en una inmediatez biológica, son importantes; después se va extendiendo progresivamente nuestro interés a los aspectos de los fenómenos que sólo de forma mediata son importantes biológicamente. Teniendo en cuenta esta reflexión, habrá tal vez que admitir la concepción siguiente: las leyes de la naturaleza son en su origen limitaciones que nosotros prescribimos a nuestra expectación bajo la dirección de la experiencia... Si resulta que una ley deja de tener validez en circunstancias bajo las cuales hasta entonces siempre la había tenido, esto nos lleva a buscar una condición *complementaria* de la ley aún deconocida. El descubrimiento de la misma es siempre un descubrimiento importante. Así la electricidad y el magnetismo fueron descubiertos a partir de la atracción y repulsión que recíprocamente revelaron cuerpos, a los cuales se solía considerar como indiferentes unos a otros. No solamente la hipótesis expresa, sino también las condiciones tácitamente incluidas fundamentan una tesis geométrica

y también física. Será conveniente tener siempre en cuenta que condiciones aún desconocidas (cuyo cambio perceptible nos haya escapado hasta ahora) pueden también ser determinantes».

Con estas concepciones se anticipó Ernst Mach a pensamientos que dos decenios más tarde —en los años 30— serían sumamente actuales, cuando en la teoría quántica la física atómica obligó a nuevas maneras de pensar.

«Las leyes de la naturaleza», escribe Mach, «son según nuestra concepción un producto de la necesidad psicológica de orientarnos en la naturaleza, de no estar frente a los fenómenos como extraños y perplejos...

La progresiva rigurosidad de las leyes de la naturaleza, la creciente limitación de la expectación, responde a una adaptación más exacta de los pensamientos a los hechos. Una adaptación perfecta a aquel hecho individual e incalculable, que aparecerá en el futuro, es naturalmente imposible. La múltiple aplicabilidad lo más general posible de las leyes de la naturaleza a casos reales concretos sólo es posible por abstracción, por simplificación, esquematización, idealización de los hechos, por disgregación mental de los mismos en tales elementos simples, que a base de ellos se puedan de nuevo construir y aunar mentalmente los hechos dados con suficiente exactitud...

Quien, como investigador de la naturaleza, concibe al individuo psíquico humano no como algo extraño y aislado en contraposición a la naturaleza, sino como una parte de la misma, quien ve lo sensorial-físico y el acontecer de la representación como un todo inseparable, no se extrañará de que el todo no se pueda agotar en la parte. Reglas que se manifiestan en parte, le insinuarán la sospecha

de reglas completas. El esperará que, así como consigue esclarecer en un ámbito más pequeño un hecho por medio de otro, también poco a poco se esclarecerán recíprocamente los dos campos de lo físico y de lo psíquico. Solamente se trata de llevar los resultados de la observación física y psicológica a una concordancia más exacta que la que ya ha tenido lugar; de la relación de ambos en general ya no duda nadie. Ya no se puede pensar en dos mundos independientes o relacionados sólo de una manera vaga» [19].

Esta esperanza de Ernst Mach parece tener cada vez más porvenir, pero no en el sentido de una equiparación recíproca dentro de una psicofísica. Frente a su optimismo de unión futura está la propia tendencia de la física a la unidad. Esta ha unido sus fundamentos en ordenaciones cada vez más amplias, y hoy los fundamentos de la física teórica constituyen al mismo tiempo los de la química, la cual por su parte —así como la física en la biofísica— va fundiéndose con la biología en la genética bioquímica.

Los análisis que Ernst Mach hace de los presupuestos de la ciencia de la naturaleza —como los arriba citados, que han sido tomados de su obra *Conocimiento y error*— han ejercido un influjo muy duradero sobre los problemas filosóficos fundamentales de la física moderna. Todavía hoy son discutidos. Pero una irrupción decisiva en el dualismo de mundo subjetivo y objetivo, interior y exterior no se pudo conseguir, mientras no estuvo garantizada por los métodos exactos de objetivación de la física. Sólo así era posible una revisión, y ésta sucedió de hecho cuando por medio de la física atómica se alcanzaron límites insospechados de la objetividad exacta. Todo el edificio de la física clásica mecanicista, construido sobre causalidad incondicionada y previsibilidad determinista, comenzó a tambalearse a principios de nuestro siglo.

Recordemos, con ejemplo capital, el conocimiento de la doble manera de aparecer la luz, que según el procedimiento de medida se puede presentar corpuscularmente como partículas —en quantos— o como ondas de luz (cfr. cap. V, págs. 227 s.). Esto no se puede compaginar con la causalidad claramente determinada de causas objetivas, aparentemente independientes de los métodos de observación. Se habían alcanzado límites de la objetivación en el ámbito elemental de la naturaleza.

El astrónomo inglés Arthur Eddington, muerto en 1944, fue uno de los primeros que sacó de ello consecuencias filosóficas. Su pregunta: «¿Cuánto descubrimos y cuánto producimos nosotros mismos por medio de nuestros experimentos?» fue una señal de profunda intranquilidad entre los físicos.

> «Si tomamos la observación como el fundamento de la física», escribía Eddington, «e insistimos en que las afirmaciones de esta ciencia deben ser verificables por la observación, entonces se impone al saber, que se reconoce a sí mismo como saber físico, la elección de unas condiciones. Esta elección es subjetiva, porque depende de los instrumentos de los sentidos y de los recursos ideológicos, que son nuestros medios para realizar la observación. Con tal saber subjetivamente elegido y con el universo que debe describir su formulación se relacionan las generalizaciones de la física, las así llamadas leyes de la naturaleza. Sólo por medio del moderno desarrollo de métodos teóricos de conocimiento en la física hemos llegado a ver el enorme influjo de esta elección subjetiva de su materia correspondiente. Al principio, como el espectador, estamos inclinados a pensar que la física ha equivocado su camino y que no puede alcanzar el mundo objetivo que tenía la buena intención de describir. Sus generalizaciones, en caso de que se refieran a

un mundo objetivo, han sido falsificadas por la elección previa. Pero eso va a terminar por condenar la ciencia fundada sobre la observación como un fracaso, ya que un mundo puramente objetivo no es accesible a la observación...

Aquellos a quienes nada puede satisfacer fuera de un mundo puramente objetivo, quisieran recurrir a los metafísicos, que no se han impuesto a sí mismos la ley de tener que someter toda sentencia a la observación como al supremo juzgado de apelación. Nosotros como físicos seguiremos investigando el universo descubierto por observación y haciendo sobre él nuestras generalizaciones. Aunque ahora sabemos que el universo así obtenido no puede ser totalmente objetivo...

'Objetivo' es en lo esencial un carácter negativo (no subjetivo) del saber, a pesar de que nosotros lo consideremos como un carácter positivo, a saber como la cosa a que se refiere el saber. Y es siempre mucho más difícil probar una conclusión negativa que una positiva. Yo reconozco en el saber físico un elemento objetivo, y esto, en mi opinión, por poderosas razones, pero no con igual certeza que el elemento subjetivo, que se puede demostrar fácilmente.

El subjetivismo selectivo, que es una moderna filosofía científica, tiene poco parentesco con el subjetivismo de Berkeley, que, si no me equivoco, priva al mundo exterior de toda objetividad. Según mi modo de ver, el universo físico no es totalmente subjetivo ni totalmente objetivo, pero tampoco una simple mezcla de aspectos y características subjetivas y objetivas» [20].

El filosofar de Eddington es solamente un ejemplo significativo de que los presupuestos filosóficos de la física son revisados por los físicos, de que el físico teórico debe hacer filosofía para poder entender y de-

finir los nuevos fundamentos de su física. Esto era todavía natural en los tiempos primitivos de la ciencia de la naturaleza, cuando investigaban Kepler y Galilei. La física era *philosophia naturalis*. Hoy se desarrolla otra vez en una forma nueva, precisamente distanciándose de la filosofía de la naturaleza —no basada *ex profeso* en la ciencia de la naturaleza— del siglo pasado, con sus exageraciones idealistas y materialistas.

El fundador del modelo atómico decisivo, Niels Bohr, ha definido filosóficamente la nueva situación en la física atómica y ha sabido interpretar el cambio revolucionario. En lugar de la alternativa dualista ha entrado en la física atómica —como física fundamental— la complementariedad, el emparejamiento de contradicciones que se excluyen mutuamente.

> «Una de las características de la física atómica más digna de tenerse en cuenta», explica Bohr, «es la nueva clase de relación entre fenómenos que son observados bajo condiciones de experimento, cuya descripción exige conceptos fundamentales distintos. Aunque estas experiencias parezcan opuestas, cuando intentamos describir con conceptos clásicos el transcurso de procesos atómicos, hay que considerarlas complementarias en el sentido de que representan en la misma medida un conocimiento esencial sobre sistemas atómicos y en su totalidad agotan ese conocimiento. El concepto de complementariedad no significa en modo alguno un abandono de nuestra posición de observadores desde fuera, más bien debe ser considerado como expresión lógica de nuestra situación con respecto a la descripción objetiva en este ámbito de experiencia. El conocimiento de que la acción recíproca entre los aparatos de medida y los sistemas físicos examinados forma una parte integrante de los fenómenos quánticos ha descubierto no sólo una limitación

inesperada de la concepción mecanicista de la naturaleza, que atribuye a los objetos físicos determinadas propiedades, sino que nos ha obligado a prestar especial atención al problema de la observación en el orden de las experiencias» [21].

Esto no significa todavía que se haya puesto fin a la pretensión de objetividad exacta en la ciencia de la naturaleza. En el vasto ámbito de la naturaleza de la macrofísica tienen valor ahora como antes las delimitaciones de la física clásica. Pero según los resultantes de la microfísica como campo de los fundamentos de la física clásica —idealizada sin compromisos— es ahora una zona fronteriza de la nueva física elemental de la mecánica quántica, donde por lo demás el concepto de objetividad como concepto radicalmente opuesto al de subjetividad ha sido abandonado. El cambio de sentido se muestra en la función formalista, matemática, en la que están compensadas las condiciones y resultados contradictorios de las observaciones y mediciones (teoría quántica). En lugar de objetividad individual, por así decir, del caso particular ha entrado la objetividad de cálculos estadísticos de probabilidad. El concepto de probabilidad fue usado en primer lugar por Ludwig Boltzmann en la termodinámica estadística para calcular el movimiento del calor y la energía de irradiación de gases. El sistema determinístico de la mecánica clásica, como era aún válido incondicionalmente para Hermann von Helmholtz, tuvo que ser abandonado. La objetividad válida en la física atómica ha conducido necesariamente a una matematización más fuerte de la representación física, precisamente porque las delimitaciones causales clásicas entre observación y observador, métodos de examen y resultados de examen no pueden ser sostenidas. Niels Bohr ha explicado esto en su artículo *Unidad del saber* (1954):

«Sin embargo, no queremos considerar las matemáticas como un campo especial del saber, sino más bien como un refinamiento del lenguaje corriente, que provee a éste de instrumentos apropiados a la representación de relaciones, para las cuales la forma corriente de expresión en palabras es demasiado inexacta o demasiado complicada. En este contexto quisiera acentuar que —precisamente por evitar tales referencias al sujeto consciente, con las cuales el lenguaje corriente está tan mezclado— el empleo de símbolos matemáticos sirve principalmente para salvar la claridad de las definiciones, indispensable para una descripción objetiva» [22].

El texto siguiente de Werner Heisenberg, que está tomado de sus *Gifford lectures*, tenidas en Escocia en 1956-1957, sobre la *Interpretación de Copenhague acerca de la teoría quántica*, explica el problema de la objetividad y el significado de la función de probabilidad:

«¿Qué sucede realmente en un proceso atómico? En primer lugar, ya se ha dicho que la medición y los resultados de observación se deben describir siempre por medio de los conceptos de la física clásica. Pero lo que se saca de la observación es una función de probabilidad, por tanto una expresión matemática, que reúne afirmaciones sobre 'posibilidades' o 'tendencias' con afirmaciones sobre nuestro conocimiento de hechos. De aquí que no podamos objetivizar totalmente el resultado de una observación. No podemos describir lo que 'pasa' entre esta observación y la siguiente. En principio parece como si hubiéramos introducido de esta manera un elemento subjetivo en la teoría, como si quisiéramos decir: lo que sucede depende de cómo observamos el suceso, o por lo menos del hecho de que observamos».

Esto es exacto, porque la observación presupone una determinada disposición de medida, que fija el resultado posible, pero precisamente no permite un control total del proceso ni una fijación de lo que tiene lugar entre dos observaciones, un resultado, que como dice Heisenberg, «parece mostrar que la observación juega un papel importante en el proceso y que la realidad es distinta según que la observemos o no».

> «La función de probabilidad», continúa Heisenberg, «une elementos objetivos y subjetivos. Contiene afirmaciones sobre probabilidades o mejor sobre tendencias (*potentia* en la filosofía aristotélica) y estas afirmaciones son totalmente objetivas, no dependen de observador alguno. Además de esto contiene afirmaciones sobre nuestro conocimiento del sistema, que naturalmente deben ser subjetivas, en cuanto que pueden ser distintas para distintos observadores».

Puesto que existen influjos recíprocos entre el objeto de observación (como electrones) y los instrumentos de medida, se debe tener en cuenta en la «ecuación del movimiento» de la función de probabilidad el influjo que esta acción recíproca ejerce sobre todo el sistema.

> «Este influjo lleva consigo un nuevo elemento de indeterminación. Pues la disposición de medida tiene que ser descrita con los conceptos de la física clásica. Ahora bien, una tal descripción contiene todas las inseguridades referentes a la estructura microscópica de la disposición. Puesto que además la disposición debe estar unida con el resto del mundo, contiene de hecho las inseguridades de la estructura microscópica del mundo entero.
>
> A estas inseguridades se las puede llamar objetivas, en cuanto son sencillamente la consecuencia de

describir el experimento con conceptos de la física clásica; en los casos particulares no dependen del observador. Se las puede llamar subjetivas, en cuanto designan nuestro conocimiento imperfecto del mundo.

Después que ha tenido lugar la acción recíproca, la función de probabilidad contiene el elemento objetivo de la 'tendencia' o de la 'posibilidad' y el elemento subjetivo del conocimiento imperfecto... Precisamente por este motivo no se puede en general predecir con seguridad el resultado de la observación. Lo que se puede predecir es la probabilidad para un determinado resultado de la observación, y esta afirmación sobre la probabilidad puede ser examinada, repitiendo el experimento muchas veces».

Heisenberg señala en sus argumentos siguientes que «la observación misma cambia inconstantemente la función de probabilidad». Entonces entre todos los elementos posibles se escoge aquel que «realmente ha tenido lugar». Con el cambio del conocimiento del sistema por la observación se cambia por otra parte también su descripción matemática y se habla entonces de un «salto quántico». Propiamente no es la naturaleza la que da saltos, sino que mientras que nosotros queramos observar, tiene lugar un cambio debido al acto de medición. Nuestro conocimiento salta al mismo tiempo de una manera discontinua.

«Si se quiere deducir», piensa Heisenberg, «del antiguo adagio *Natura non facit saltus* una crítica de la teoría quántica, podemos responder que ciertamente nuestro conocimiento puede cambiarse de improviso, y que precisamente este hecho, el cambio inconstante de nuestro conocimiento, justifica el uso del concepto 'salto quántico'.

El paso de lo posible al hecho tiene lugar durante el acto de observación».

El «suceso» se refiere, pues, solamente a la observación y el «paso» de lo posible al hecho tiene lugar tan pronto como entra en juego la acción recíproca del objeto con la disposición de medida y, por medio de ésta, con el mundo restante. Heisenberg pregunta:

«¿Hasta qué punto, por tanto, hemos llegado a una descripción objetiva del mundo, principalmente de los fenómenos atómicos? La física clásica descansaba sobre la idea —¿o debemos decir sobre la ilusión?— de que podemos describir el mundo o por lo menos podemos describir partes del mundo, sin hablar de nosotros mismos. Esto es realmente posible en amplias proporciones.

Sabemos por ejemplo que existe la ciudad de Londres, independientemente de que la veamos o no. Se puede decir que la física clásica representa precisamente la idealización del mundo, en la que hablamos del mundo y de sus partes, sin que nos refiramos a nosotros mismos. Su éxito ha conducido al ideal general de una descripción objetiva del mundo. La objetividad es tenida desde hace tiempo como el criterio supremo para el valor de un resultado científico. ¿Corresponde aún a este ideal la explicación de Copenhague acerca de la teoría quántica? Quizá se pueda decir que la teoría quántica corresponde a este ideal hasta donde es posible. Cierto que la teoría quántica no contiene propiamente caracteres subjetivos, no incluye el espíritu o la conciencia del físico como una parte del fenómeno atómico. Pero comienza con la división del mundo en el objeto y el mundo restante y con el hecho de que en todo caso tenemos que describir este mundo restante con los conceptos clásicos. Esta división es arbitraria en cierta manera e históricamente una consecuencia inmediata de los métodos científicos usados en los siglos pasados. El uso de los conceptos clásicos es en último tér-

mino una consecuencia de la evolución general espiritual de la humanidad. Pero de esta manera estamos refiriéndonos a nosotros mismos, y así nuestra descripción no puede llamarse totalmente objetiva» [23].

A estos argumentos de Heisenberg quisiera añadir todavía un texto suyo. Bosqueja la situación fundamentalmente nueva de la relación del hombre con la física, que ha puesto radicalmente límites a su pretensión anterior de conocer una «naturaleza en sí» totalmente objetivable.

«Las partículas de la materia, en las cuales originariamente se pensó como última realidad objetiva, no podemos en modo alguno considerarlas ya 'en sí'. Se substraen a toda fijación objetiva en espacio y tiempo, de tal manera que en definitiva podemos hacer objeto de la ciencia solamente a nuestro conocimiento de estas partículas. La meta de la investigación es por tanto no ya el conocimiento de los átomos y de su movimiento 'en sí', es decir, separado de nuestro modo experimental de plantear el problema; más bien nos encontramos desde el principio en el centro de la tensión entre naturaleza y hombre, de la cual la ciencia de la naturaleza es sólo una parte, de tal manera que las divisiones corrientes del mundo en objeto y sujeto, mundo interior y exterior, cuerpo y alma ya no son apropiadas y plantean dificultades. Por tanto, también en la ciencia de la naturaleza el objeto de la investigación no es ya la naturaleza en sí, sino la naturaleza expuesta a la problemática humana, con lo que el hombre también aquí vuelve a encontrarse a sí mismo» [24].

Un círculo comienza a cerrarse. La época de la división de nuestra conciencia en naturaleza y yo, ma-

teria y espíritu, parece caminar a su fin en nuestros días, ya que ha alcanzado su punto álgido en la relación hombre y técnica. Como ya mostraron los resultados de los temas anteriormente tratados, el progreso continuo del conocimiento parece conducirnos a una conexión circular, a una «complementariedad circular», para emplear una expresión de Carl Friedrich von Weizsäcker, que como físico y filósofo persigue siempre la conexión del todo.

Reproducimos aquí algunos fragmentos de sus tratados *El experimento* y *La teoría atómica en la física moderna*, publicados en los años 40:

> «De objetos podemos hablar solamente en cuanto son objetos de un sujeto. Esta frase es casi una evidencia, pues definimos el conocimiento como conocimiento de un objeto por un sujeto. Sin embargo, no se podía prever que la forma de nuestras frases sobre objetos ya no permite en pura lógica prescindir tácitamente de que sean pronunciadas siempre por un sujeto. La esperanza metafísica de los físicos clásicos de conseguir por medio de su ciencia el apoyo en lo en sí existente, se derrumba. La física actual obliga al físico a considerarse a sí mismo como sujeto...» [25].
>
> «Si la imagen física del mundo», así explica Weizsäcker, «descompone la conexión viva entre el yo y el mundo —los cuales, activos y vivientes al mismo tiempo, sólo llegan a ser lo que son en la acción recíproca con su polo opuesto— en el vis a vis esquemático de sujeto y objeto, esto es en el fondo una productiva adaptación de la realidad. Pero mientras que ahí en general se trata únicamente de un abandonar y prescindir de experiencias, la física moderna en cierto modo produce sus experimentos sólo por medio de un acto de violencia. El experimento, que produce por sí mismo el estado de lo real que nos muestra, es una manifes-

tación material especialmente impresionante del espíritu, que solamente conoce al crear» [26].

Estos pensamientos nos recuerdan a Goethe, quien en su famosa polémica se opuso a la doctrina de los colores de Newton y al concepto parcial de la verdad en la objetividad física, aunque naturalmente en vano. Las siguientes palabras de Goethe de sus *Máximas y reflexiones* se nos antojan sumamente actuales a la vista de los textos de Heisenberg y Weizsäcker que acabamos de citar:

«Hay una regularidad desconocida en el objeto, que corresponde a la regularidad desconocida en el sujeto.

El fenómeno no está separado del observador, sino más bien inmerso e implicado en la individualidad del mismo».

MAX BORN

SOBRE OBJETIVIDAD Y SUBJETIVIDAD

No soy filósofo de profesión, sino físico, y solamente puedo tomar posición sobre los problemas aquí tratados desde el punto de vista de un físico. Quisiera incluso volver a un punto de vista menos erudito y narrar de qué manera conocí la distinción entre objeto y sujeto y cómo reaccioné ante ella.

El hombre sencillo, no erudito, sobre todo el joven, no conoce esta distinción. Para él un objeto es aquello que él percibe, y la realidad de todas las cosas es algo natural para él. Quizá se le muestren equivocaciones ópticas, en las cuales ve que la percepción conduce a veces a falsos juicios sobre lo realmente existente. Pero esto permanece siempre al margen de la conciencia como una especie de curiosidad. A esta postura se la llama realismo ingenuo. Entre los textos precedentes el de Bertrand Russell se refiere a esta postura de espíritu. Más tarde aprende el hombre a distinguir entre experiencias que sólo él vive, como dolor, alegría, esperanza, desilusión, etc., y que el maestro llama subjetivas, y otras propiedades de las cosas exteriores y de los hombres, que se llaman objetivas.

La mayoría de los hombres no pasan de ahí. A algunos, sin embargo, les pasa algo que les afecta más profundamente. En mi caso sucedió así.

Yo tenía un primo mayor que yo, que estudiaba ya

y que juntamente con su especialidad de química, seguía también un curso de filosofía, mientras que yo asistía todavía a la escuela. Una vez me preguntó él de repente: «¿Qué piensas tú en realidad cuando dices que esta hoja es verde y el cielo allá azul?» La pregunta me pareció totalmente inútil y respondí: «Quiero decir que es verde o azul, porque lo veo así, de la misma manera que lo ves tú». Pero él no se conformó con esto. «¿De dónde sabes tú que yo lo veo verde exactamente igual que tú?» Mi respuesta: «Porque todos los hombres lo ven así naturalmente», tampoco le satisfizo. «Hay daltonianos que ven los colores de otra manera, no pueden por ejemplo distinguir entre el rojo y el verde». Así me acorraló y me explicó que no hay medio de determinar lo que otro percibe, que la misma afirmación de que él percibe lo mismo que yo no tiene sentido. Así me convencí de que todo es subjetivo, todo sin excepción. Esto fue un *shock*.

El problema no era distinguir lo objetivo de lo subjetivo, sino comprender en suma que se puede salir de lo subjetivo y arribar a afirmaciones objetivas.

Entonces comencé a leer a filósofos y pronto, bajo la dirección de mi primo, tropecé con Kant. Un texto, citado más adelante, comienza: «Por medio de la percepción sensible nos son dados objetos, y solamente ella nos proporciona intuiciones; pero son pensados por el entendimiento y de él nacen conceptos». Esta distinción de la intuición sensorial y de los conceptos del entendimiento no equivale a la distinción subjetivo-objetivo. Kant cree que los objetos de la intuición son transformados por el entendimiento en conceptos, y acepta como natural que los objetos de la intuición son los mismos para todos los sujetos y que los conceptos del entendimiento son formados de la misma manera por todos los sujetos. El mundo de conceptos así resultante se refiere al mundo de los sentidos, que hipotéticamente es considerado como un bien común de todos los sujetos. Kant es por tanto consciente de

que todo lo que se puede experimentar y saber pasa a través de los sentidos y recibe forma de la razón según leyes que él llama *a priori*, puesto que tienen valor independientemente de la experiencia sensorial. La pregunta de si detrás de ese mundo sensorial elaborado por el entendimiento hay otro, la deja sin responder, según me parece. El habla de la «cosa en sí» como no comprensible.

Para el moderno investigador de la naturaleza esta concepción no es satisfactoria. Que se hable de la «misma» impresión sensorial de dos individuos le parece ya sospechoso; la hipótesis de Kant de categorías de la razón, que deben tener valor *a priori* antes de toda experiencia, le parece aún más sospechosa. Finalmente en la enumeración de estas categorías de la razón, partes considerables le parecen refutadas por la investigación posterior, ante todo las leyes de la geometría, bajo las cuales naturalmente Kant entendió las de Euclides; inmediatamente después de Kant fueron descubiertas por el alemán Gauss, el húngaro Bolyai y el ruso Lobatschewski geometrías libres de contradicción, no euclídicas, distintas de la corriente, y hoy la teoría de la relatividad de Einstein ha puesto en claro que ni espacio ni tiempo están sujetos a leyes *a priori*, sino que son partes de la física y proceden como ésta de la experiencia, no de formas de nuestra intuición y de nuestro entendimiento determinadas *a priori*. La pregunta de cómo de las percepciones sensoriales de los distintos sujetos puede resultar una imagen objetiva del mundo, común a todos, no ha sido solucionada por Kant, creo yo, casi ni siquiera propuesta. Más tarde ha sido tratada de las más distintas maneras. Hay sistemas filosóficos que sólo conceden valor al mundo subjetivo. Su extremo es el así llamado solipsismo. En mi juventud se leía un libro de Stirner *El individuo y su propiedad*, que defendía al máximo este punto de vista. Los positivistas de las ciencias naturales, de cualquier tendencia que sean, se adhieren a

él más o menos radicalmente. Una filosofía que niega el mundo exterior o lo considera no concebible me parece totalmente inaceptable. Pero permanece la pregunta, ¿cómo es posible salir de la cárcel del yo?

Mientras se crea que una afirmación es verdadera o falsa, no hay quizá de hecho ninguna salida. Pero este punto de vista está hoy sobrepasado. Entre verdadero y falso hay innumerables afirmaciones que son más o menos probables. De la misma manera que no hay mediciones absolutamente exactas, ni todas las clases de observaciones de un objeto son compaginables entre sí.

Considero esta movilidad del pensamiento como una de las mayores bendiciones que ha traído la ciencia moderna. Pues la creencia en una sola verdad y en ser sus poseedores es la raíz de todo mal en el mundo. Solamente puedo insinuar lo que pienso para mí, que el modo de pensar de las ciencias naturales puede ser aplicado al problema de cómo pasar de lo subjetivo a lo objetivo. De los textos anteriormente citados el de Goethe me parece acercarse más a la cosa:

> «Hay una regularidad desconocida en el objeto, que corresponde a la regularidad desconocida en el sujeto».

Antes de explicar esto debo adelantar algunas observaciones. Existen percepciones que están libres de la dificultad de no poder ser participadas o descritas a otros. Son todas las de la especie siguiente: Estas dos cosas (impresiones, o como se quiera) son iguales o no son iguales. Uno puede percibir una diferencia más matizada entre el verde de dos hojas que el otro; pero buscando cuidadosamente encontrarán dos verdes en que puedan convenir que son iguales.

Esto vale principalmente de aquellas imágenes, en las que lo importante no es una figura exacta, sino una forma aproximada, por ejemplo, dos rayas que se cruzan, un óvalo o algo parecido.

Ahí reside la gran importancia de todos los medios de entenderse por símbolos, sean sonidos (lenguaje), signos (escritura), posturas del cuerpo (bailes) y otros más. Si yo escribo una A y el otro también escribe una A, ambos experimentamos que los signos son «iguales», supuesto que no exijamos concordancia absoluta sino análoga, es decir, determinable. Lo mismo sucede con el sonido de la palabra «verde», sin que con ello se afirme nada sobre su significado. La palabra principal en la frase antes citada de Goethe es el verbo «corresponder». Según mi opinión es la palabra primordial de toda ciencia, donde entiendo el adjetivo «primordial» totalmente en el sentido de Goethe —piénsese en sus «plantas primordiales», en su «fenómeno primordial» dentro de la teoría de los colores y en otros más.

Contar no es sino una coordinación de los numerales aprendidos de memoria «uno, dos, tres, etc.» con las cosas que se quiere contar, de tal manera que cada una de estas cosas corresponda a uno de los números de la cadena 1, 2, 3... y viceversa. Las matemáticas modernas han extendido este principio a las cantidades infinitas en la así llamada «doctrina de las cantidades». Su fundador Cantor ha mostrado, por ejemplo, que no se puede establecer una correspondencia recíproca o como se dice «uní-voca» entre los puntos de una distancia sobre una línea recta y la totalidad de todos los números (1, 2, 3... sin límite), que por tanto aun en cantidades infinitas existen diversos «números» (los matemáticos prefieren decir «magnitudes»).

De la misma manera la geometría puede ser construida sobre este principio de coordinación de elementos correspondientes; según Descartes, por ejemplo, se añade a los puntos grupos de números llamados coordenadas, y entonces corresponde a cada hecho geométrico una coordenada en el ámbito de los números.

En la física es un ejemplo el primer descubrimiento propiamente físico, a saber, la comprobación de Pitá-

goras de que los intervalos naturales de tono octava, quinta, cuarta, etc., corresponden a las divisiones de una cuerda vibrante según relaciones numéricas 2:1, 3:2, 4:3, etc. Aquí se produce una doble relación entre sensaciones de oído, de vista o de tacto y números.

Un caso parecido es el calor. Por medio de un termómetro se coordina una dimensión geométrica (la longitud de un hilo de mercurio, la posición de un galvanómetro) a una sensación de calor.

Así ocurre en toda la ciencia de la naturaleza: Sensaciones sensoriales de distinta cualidad son coordinadas de tal manera entre sí que se corresponden unívocamente; en las ciencias muy desarrolladas como la física esta coordinación está coronada aún por la correspondencia con una estructura matemática, tomada del pensamiento puro. Los matemáticos hablan entonces de una copia isomorfa de una estructura sobre otra.

La conclusión de que este proceso conduce fuera del mundo de los sentidos y de que debe ser comprendido como descripción de un mundo objetivo, existente independientemente del individuo, descansa solamente sobre el hecho de que la hipótesis contraria, de que las coincidencias estructurales sean pura casualidad, es sumamente improbable. No se trata de casos particulares, sino de estructuras, es decir, de formaciones conexas del mundo de los sentidos y del mundo de los pensamientos, como demuestra el ejemplo de las armonías musicales y las relaciones de números, o de una manera semejante en la teoría de los colores la relación entre las reglas de la mezcla de colores y de una rama especial de la geometría, la así llamada geometría de la afinidad. En el fondo es la misma manera de deducción que se emplea para descifrar un códice secreto o una escritura antigua recientemente descubierta (como la jeroglífica).

No sé si esta reflexión que conexiona la posibilidad

de conocimiento objetivo con la coincidencia de estructuras de sensibles y conceptuales se encontrará en algún filósofo. Pero me parece dudoso. Pues aunque es tan trivial, se acerca sin embargo a una herejía contra una de las frases fundamentales de Kant: que la experiencia tiene que ver únicamente con los fenómenos y que la «cosa en sí» es ininvestigable. Pues ¿qué es la reproducción de un ámbito de fenómenos sobre una estructura matemática abstracta sino una comprensión de aquello que resta cuando se abstrae de las cualidades de los sentidos? Permanece algo restante: el contenido del sistema de fórmulas descriptivas, al que se puede llamar pobre, sin color, insulso, pero que está ahí y cuyos objetos y relaciones llaman los matemáticos invariantes y covariantes de las ecuaciones fundamentales. A éstas se las puede llamar tranquilamente representantes de la «cosa en sí», cuya totalidad representa el mundo objetivamente existente.

El hombre corriente, no erudito, acepta el mundo como real, tal y como se le presenta. Esto es ingenuo, pero natural. Quien por reflexión ha llegado a dudar de esta concepción, es propenso a caer en una de las filosofías subjetivas. Pero nadie puede negar en la vida real la existencia del mundo exterior sin parecer loco. Lenin en su fundamentación del materialismo dialéctico ha establecido como un dogma o axioma el reconocimiento de la existencia de un mundo exterior, realmente existente, objetivamente conocible. Me parece que esta frase no necesita ser aceptada por la fe sino que está bien fundada.

La física clásica, como llamamos nosotros al período de Newton a Planck, estuvo muy influida por Kant. Se apoya en representaciones que están formadas de experiencias con cuerpos percibidos por los sentidos, en modelos intuitivos con mecanismos que funcionan según la dinámica de Newton. Pero ya en ésta aparecen conceptos que no corresponden a cosas perceptibles, sino que están construidos, tales como fuerza,

acción a distancia, masa, energía, etc. Con el progreso de la investigación este proceder se hizo cada vez más normal. En la teoría de Maxwell acerca del electromagnetismo aparece el concepto de campo que cae totalmente fuera de los objetos de la percepción. A este estado de la física se refiere la cita de Ernst Mach antes leída. Max Planck pensaba todavía de esta manera, aunque su descubrimiento del quanto de energía en el año 1900 inició el cambio de rumbo revolucionario de la actual física abstracta. Planck cayó perfectamente en la cuenta de la trascendencia de ese descubrimiento. Esto se deduce de las palabras leídas anteriormente, de que «en la física se necesita una cierta dosis de metafísica». El creyó en una separación radical del sujeto pensante y del objeto pensado y la vio «garantizada lo mejor posible por la hipótesis de un espíritu ideal, que solamente cuenta como sujeto, nunca como objeto». Si se prescinde de la manera metafísica de expresión, esto quiere decir que de la imagen del mundo objetivo puede ser totalmente eliminado el sujeto observador y pensante.

La teoría quántica construida por el mismo Planck, la cual domina la moderna física atómica, ha revelado que esta meta no se puede conseguir en la manera imaginada por Planck. La observación misma modifica el estado de los hechos y nunca es posible determinar el estado de una mínima parte del mundo atómico en todas sus particularidades. Lo que es observado depende siempre de la forma de la observación, y lo que se deduce de ésta no son afirmaciones de la clase de: «Esto o aquello ocurrirá», sino «esto o aquello puede suceder», cada cosa con una probabilidad determinada. Esta descripción estadística de la naturaleza, en cuyo desarrollo tomé parte, no es una pérdida sino una ganancia de objetividad en el conocimiento. La idea del mundo como un autómata o una máquina, que nosotros conocemos cada vez mejor por medio de observación y pruebas exactas, mientras que él «lleva

a cabo con marcha atronadora su viaje prescrito», como canta del sol el ángel Rafael *(Fausto*, Prólogo en el cielo), es también según mi opinión un engaño de la mecánica de Newton, nacido del entusiasmo por sus éxitos en la astronomía.

En realidad los modelos más sencillos enseñan que la mecánica de Newton, tratada realística, no determinísticamente, no permite predicciones para todo tiempo, porque la más pequeña inexactitud en la comprobación de un estado inicial crece con el tiempo y de aquí que frustre desde un determinado momento toda predicción. Sólo mediciones infinitamente exactas retardarían este momento al infinito; pero naturalmente tal cosa no se da, a pesar de todo el adelanto del arte de medir.

La mecánica quántica ha destrozado aún más radicalmente la idea determinística. Pero la mecánica quántica no ha cambiado en absoluto el que la meta de la física, como de todas las ciencias naturales, sea la exposición de un concepto objetivo del mundo; lo único que ha cambiado es que esta imagen no es tan rigurosa, pretenciosa y en el fondo increíble como antes. De lo que se trata en los textos de Niels Bohr, Heisenberg, Weizsäcker, Eddington es un problema que se deduce de la naturaleza de nuestro espíritu. Este no se conforma con fórmulas matemáticas que permiten describir objetivamente los fenómenos observables. Pues la observación tiene lugar con ayuda de aparatos. Pero éstos están hechos de cristal, madera, metal, material plástico y pertenecen, por muy refinados que sean, al ámbito de la vida diaria. Solamente pueden ser descritos con palabras de la vida diaria. Pero también acerca de los documentos proporcionados por los aparatos, placas fotográficas, curvas automáticamente marcadas o series de números se puede uno entender con el lenguaje corriente. Las huellas de las gotitas en una cámara oscura sugieren una partícula volante; un reparto periódico del ennegre-

cimiento sobre una placa sugiere procesos de ondas e interferencias. Prescindir de tales explicaciones haría imposible todo entendimiento y paralizaría la intuición, sobre la que aún descansa la investigación.

Los sistemas físicos de fórmulas que describen la realidad física —la cosa en sí— no necesitan permanecer en el marco de nuestro poder de intuición, procedente de la experiencia diaria. Pero puesto que dependemos de esta intuición, debemos intentar describir los contenidos de las fórmulas abstractas, en cuanto sea posible, en lenguaje corriente con conceptos sacados de la intuición. Aquí tropezamos con dificultades especiales, y de éstas tratan los textos mentados. Niels Bohr ha demostrado que es posible describir el proceso de los fenómenos atómicos con conceptos «clásicos» tradicionales, si se renuncia a comprender de una vez todas las propiedades de un sistema físico. Se necesitan distintas condiciones de ensayo, que se excluyen pero que se complementan, y que son llamadas «complementarias». Acerca de esto dice Bohr: «El concepto de complementariedad no significa en modo alguno un abandono de nuestra posición de observadores desde fuera; más bien debe ser considerado como expresión lógica de nuestra situación con respecto a la descripción objetiva en este ámbito de experiencia». Estoy totalmente de acuerdo con esta y con las siguientes explicaciones de Bohr. De la misma manera no quisiera añadir nada a las brillantes exposiciones de Heisenberg y Weizsäcker.

Quisiera añadir todavía una observación acerca de la nueva investigación física, la teoría de las partículas elementales. Los sistemas de fórmulas que son empleados aquí —me refiero sobre todo a la teoría de Heisenberg— son tan complicados y abstractos que una explicación intuitiva apenas si cuenta. Aquí, en las fronteras de la física, se ve que la investigación objetiva del mundo físico corresponde de hecho cada vez más a la «cosa en sí» de Kant, situada más allá de

toda capacidad de representación sensible. Y a pesar de todo, esta teoría abstracta, no intuitiva, está fundamentada en la experiencia.

Debo pedir perdón aquí al gran filósofo, por emplear su expresión de la «cosa en sí» de una manera que no corresponde plenamente a la suya propia. Kant partió de la matemática y de la física existentes en su tiempo; desde entonces se ha adelantado mucho. Creo que está justificada una revisión de sus pensamientos. El empleo que hago de su expresión no pretende ser una crítica, sino un intento, llevado a cabo con profundo respeto, de adaptarla a la ciencia del tiempo.

La primera de las citas de Hegel se refiere a la «cosa en sí» de Kant. Esta es explicada como el abstracto total, el vacío completo, determinado solamente como un «más allá». Pero según mi concepción la física actual está empeñada en comprender esta «cosa en sí», a saber las conexiones estructurales de los fenómenos. Concedido que éstos son un «abstracto total». Pero no es verdad que sean el «vacío completo», «determinados solamente como un más allá». Piénsese en todo lo que la física ha permitido hacer: máquinas, aviones, reactores nucleares, máquinas de calcular, etc. Por otra parte, el conocimiento de las energías nucleares quizá nos transporte al más allá, si las reacciones del alma permanecen tan débiles como hasta ahora. Para terminar quisiera compendiar de nuevo en pocas palabras mi opinión sobre el problema de objetividad y subjetividad. En general tiene valor de afirmación objetiva aquello sobre lo que pueden ponerse de acuerdo un grupo de hombres. Quisiera llamar a esto «objetividad ingenua». Las afirmaciones dependen por tanto de la coincidencia y de la adhesión, están sometidas a discusión, a la controversia, a la lucha o a la arbitrariedad de la dictadura de un grupo o de uno solo. Las ciencias naturales, por el contrario, se esfuerzan por una objetividad decisiva, donde el individuo pueda tener certeza, donde un conocimiento sea compartido

por todo hombre normal. Tales afirmaciones se apoyan en lo esencial sobre el juicio de la igualdad de percepciones del individuo. La comprensión con ayuda del lenguaje y de la escritura y las matemáticas están fundadas en este método. Esto proporciona una objetividad más elevada, pero a costa de la claridad gráfica, y conduce fuera del ámbito del mundo diario al cosmos y en la atomística a sistemas de conceptos totalmente abstractos, que comprenden en terminología de Kant la «cosa en sí». La discusión actual en la física atómica sobre la introducción de subjetividad en la descripción objetiva de la naturaleza está condicionada por la necesidad de unir el mundo abstracto de fórmulas teóricas al mundo cotidiano encarnado en los aparatos e instrumentos.

CAPITULO V

INTUICION Y ABSTRACCION

SOBRE LA POLARIDAD DEL CONOCIMIENTO DE LA NATURALEZA EN LA EVOLUCION DE LA CIENCIA

Con un comentario de
GOTTHARD GÜNTHER

«Los siglos antiguos tenían sus ideas en intuiciones de la fantasía; el nuestro las piensa en conceptos. Las grandes concepciones de la vida estaban entonces representadas en figuras, en dioses; hoy se las presenta en conceptos. Allí la fuerza de producción era mayor, hoy es mayor la fuerza de destrucción, la fuerza de escisión» [1].

Estas palabras de Goethe, pronunciadas hace ciento sesenta años, reflejan el camino, sólo hoy acabado de recorrer, desde la experiencia intuitiva y sensible del mundo figurativo hasta la realidad no-sensible del mundo conceptual de la razón, el camino desde una imagen del mundo ingenua, debida a la religión natural, hasta la explicación abstracta del mundo, dada por las ciencias naturales en la Edad Moderna. La oposición entre objetividad intuitiva, imaginativa, concreta de las cosas, y pensamientos e ideas no intuitivas es desde siempre carácter esencial del hombre. Los sentidos no nos muestran toda la realidad. Nos pueden engañar y cegar, si no distinguimos entre apariencia y ser. Esta experiencia de vida es primitiva, y todo niño debe aprenderla. Para el desarrollo histórico sólo es decisiva la manera de la *relación* entre intuición y abstracción, percepción sensible y entendimiento, materia y forma, materia y espíritu.

Determinar esta relación no es solamente tarea continua de la filosofía, sino que de su explicación dependen también las relaciones entre física y filosofía. Recordemos la filosofía griega de la naturaleza, la

doctrina abstracta de Heráclito, Parménides y Demócrito sobre los sillares últimos, indestructibles, sobre los átomos invisibles como las auténticas realidades y causas de todas las cosas y de todas las percepciones.

La importancia que tiene la percepción tangible de los sentidos y su relación con la verdad, está descrita por Platón en el diálogo entre Sócrates y Glaucón en su famosa parábola de la cueva del libro 7 de la *Politeia:*

«SÓCRATES: Después de esto voy a aclararte con la siguiente comparación la diferente situación en que se encuentra nuestra naturaleza, cuando está en posesión de la forma completa, y por otra parte cuando carece de la misma. Imagínate hombres en un lugar bajo tierra con una larga entrada hacia arriba, correspondiendo a la extensión de la cueva; desde niños están atados a esta cueva con cadenas a los muslos y al cuello; por tanto, permanecen siempre en el lugar dicho y solamente pueden mirar hacia delante, pues las cadenas les impiden volver la cabeza; pero desde arriba, a lo lejos y por detrás, les ilumina una luz de fuego; entre el fuego y los encadenados se extiende un camino, a lo largo del cual está construido un muro bajo, semejante a la barrera que construyen los cómicos delante de los espectadores, para mostrar por encima de ella sus obras artísticas.

GLAUCÓN: Todo eso lo tengo ante los ojos.

SÓCRATES: A lo largo de ese muro —así debes seguir imaginándotelo— llevan hombres toda clase de instrumentos, que sobresalen por encima del muro, y estatuas y otras figuras de madera y de piedra y obras humanas de distintas clases, durante lo cual, como es comprensible, parte de los que lo transportan hablan y parte callan.

GLAUCÓN: ¡Singular imagen la que tú representas y singulares figuras!

SÓCRATES: Nada más que gente como nosotros. Ahora bien, ¿pueden en serio tales condenados haber visto de ellos mismos, así como recíprocamente unos de otros, otra cosa que las sombras que por efecto del fuego son proyectadas sobre la pared de la cueva enfrente de ellos?

GLAUCÓN: ¿Cómo sería posible si durante toda su vida no pueden mover la cabeza?

SÓCRATES: Y aún más: ¿no pasa lo mismo con los objetos llevados a lo largo del muro?

GLAUCÓN: También de ellos han visto únicamente sombras».

En el transcurso posterior del diálogo Sócrates explica que los encadenados «no pueden tener por verdadera otra cosa que las sombras». ¿Qué pasaría si a uno de ellos le fueran soltadas las cadenas y se levantara de pronto, se volviera y se moviera, mirara hacia arriba a la luz y «cegado por el resplandor no fuera capaz de reconocer aquellas cosas cuyas sombras antes ha visto»?

«SÓCRATES: ... ¿Qué crees tú que diría si se le asegurara que antes sólo ha visto vanidades, pero que ahora, aproximado al ser y vuelto hacia cosas, a las cuales corresponde un ser más fuerte, ve con más exactitud? Y si además se le señalara cada una de las obras humanas llevadas a lo largo del muro y se le obligara a responder qué es aquello, ¿no crees que pensará y creerá que lo que ha visto antes es más real que lo que ahora se le muestra?

GLAUCÓN: Sin duda.

SÓCRATES: ¿Y que si se le obligara a dirigir la mirada a la luz, le dolerían los ojos y se volvería y desearía otra vez aquellas cosas, a cuya vista está acostumbrado, y tendría estas cosas como más ciertas que las que se le muestran?

GLAUCÓN: Sí.»

Después narra Sócrates cómo se opondría el liberado, si le empujaran hacia la empinada entrada y se le llevara a la luz del día. Cegado, no podría conocer nada. Debería primero acostumbrarse despacio, aprender a ver los objetos reales.

«SÓCRATES: Finalmente, pienso yo, estaría en condiciones de ver el sol y no sólo los reflejos del mismo en el agua o en lugar que no sea su propio puesto, sino al sol mismo en toda su realidad y en su propio lugar, así como de considerar sus cualidades.

GLAUCÓN: Necesariamente.

SÓCRATES: Y entonces se explicará por medio de conclusiones rectas que él es a quien tenemos que agradecer las estaciones y ciclos del año, y que gobierna todo lo que se encuentra en el espacio visible y en cierto sentido es el creador de aquellas apariencias que ellos veían antes en la cueva.

GLAUCÓN: Sin duda que llegaría en una tal gradación hasta ese punto de vista.

SÓCRATES: Y ahora piensa también en lo siguiente. Si un tal bajara de nuevo a la cueva y ocupara allí su puesto, ¿no estarían otra vez sus ojos enteramente envueltos en tinieblas, si él de repente llegara allí desde el sol?

GLAUCÓN: Ciertamente.

SÓCRATES: Si de nuevo, durante este enturbiamiento de la vista, debiera competir con aquellos eternamente encadenados en la interpretación de las imágenes umbrátiles, antes de que sus ojos se hayan adaptado enteramente a la situación actual —y la adaptación exigiría un tiempo bastante grande—, ¿no haría el ridículo y no se diría de él que su subida es culpable de que haya vuelto con los ojos estropeados? ¿No sería rechazable el mero intento de llegar arriba? Y si a aquel que intentara desencadenarlos y conducirlos arriba pudieran te-

nerle en sus manos y matarlo, ¿no lo matarían?

GLAUCÓN: Seguramente.

SÓCRATES: Mi querido Glaucón, debes unir toda esta comparación a las explicaciones anteriores. Compara el mundo espacial percibido por la vista con el lugar de los encadenados, y el resplandor del fuego con la fuerza del sol; la subida hacia arriba y la observación del mundo superior debes compararlo con la elevación del alma al reino de las puras ideas, si quieres conseguir una representación exacta de mi opinión, ya que deseas oírla. Dios sabe si es exacta. Lo que a mí me parece recto es esto: En la región de las ideas se muestra por último y difícilmente reconocible la idea de lo bueno; pero una vez que se ha mostrado, entonces, después de alguna reflexión, debe resultar que ella es para todos la creadora de todo lo recto y bueno, en cuanto que engendra en lo visible la luz y la fuente de la misma (el sol), mientras que, actuando en lo pensable como señora, nos ayuda a conseguir la verdad y la razón, de tal manera que quien quiera obrar con conocimiento, ya sea en los asuntos personales o en los públicos, tiene que haber conocido esta idea» [2].

Aunque en estas imágenes de la comparación de Platón brilla todavía la conexión viva entre la experiencia intuitiva de los sentidos y el conocimiento de la verdad, aparece al mismo tiempo la oposición entre un mundo «superior» de las ideas y otro «inferior» de los sentidos. El desarrollo de la filosofía de la Edad Moderna preparó el dualismo en la ciencia de la naturaleza, del que se habló en el capítulo precedente, en cuanto descompuso e hizo consciente esta polaridad fundamental entre el mundo ideal del pensamiento y el de la experiencia intuitiva de los sentidos. Hemos visto cómo al final de la Edad Media se separan filosofía y teología —en Duns Scoto y Gui-

llermo de Occam—, y cómo ya desde Roger Bacon (1214-1294) se ahonda la separación entre fe y ciencia, porque él quiso fundamentar la ciencia sobre la experiencia real por medio de observación y experimento, abandonando las opiniones doctrinales de las autoridades por el conocimiento de las fuentes. Casi trescientos años más tarde el derribado Lord Canciller Francis Bacon (1561-1629) amplía su programa y exige entusiásticamente la liberación de las falsas representaciones, de los ídolos antropomórficos hereditarios en las disposiciones naturales *(idola tribus)*, como de los fantasmas de la «cueva» *(idola specus)*, donde alude a la comparación de la cueva de Platón. Sólo la observación, el experimento y el método inductivo conducían a un conocimiento seguro.

Poco después establece René Descartes su estricta separación del mundo material y espiritual, mientras que en Inglaterra Thomas Hobbes (1588-1679) abre camino a la filosofía de la Ilustración. Bajo el influjo de Galilei enseña que la filosofía es el conocimiento de los efectos partiendo de las causas y que procede solamente de las observaciones y sensaciones. A Hobbes siguió el inglés John Locke (1632-1704), que fundamentó filosóficamente el empirismo. Considerado como uno de los grandes filósofos críticos de la Ilustración comenzó a analizar las condiciones de representación de la conciencia. Enseñó que todo el saber procede solamente de la experiencia por percepción externa y reflexión *(sensations and reflexions)*, que no existen ideas innatas ni conocimiento *a priori*. «Nada hay en el entendimiento que no fuera antes en las percepciones sensoriales» *(Nihil est in intellectu, quod non ante fuerit in sensu)*. Locke acentúa la distinción entre cualidades primarias y secundarias, tan esencial para las ciencias naturales de la Edad Moderna; aunque no efectúa la agrupación que sería definitiva más tarde, ya que pone entre las primarias junto al movimiento y al número la solidez y la figura,

sin embargo, sitúa las sensaciones de los colores, sonidos y olores, como sucede más tarde, entre las secundarias.

El irlandés George Berkeley (1684-1753) adopta, apoyándose en Locke, un punto de vista fenomenístico más extremo. También para él las percepciones de los sentidos son la fuente de toda experiencia, pero niega totalmente el mundo exterior material afirmado por Descartes. *Esse est percipi:* ser es ser percibido. «No hay más sustancia que el espíritu o lo que percibe». Extensión, figura y movimiento son sólo «representaciones que existen en el espíritu». Esto es idealismo subjetivo.

El tercero y el más importante de los filósofos ingleses de la filosofía de la Ilustración es el escocés David Hume (1711-1776), cuyo empirismo desemboca en un profundo escepticismo con relación a toda verdad cierta. En realidad lo único que nos es dado son impresiones *(impressions)*. No solamente impugna como Berkeley el concepto de sustancia de un mundo exterior independiente, sino también que el espíritu posea una fuerza creadora. Con el espíritu solamente podemos elaborar, unir y transformar las impresiones, el material empírico. «Todos los objetos del pensamiento y de la investigación humana se pueden dividir según su naturaleza en dos clases: relaciones de representación y hechos». A las primeras pertenecen los principios matemáticos como los de la geometría y álgebra, cuya verdad es evidente intuitivamente o por demostración. «Los hechos» no tienen por el contrario una tal certeza, «ya que su contrario es siempre poposible». A ellos les corresponde únicamente probabilidad, que hoy ha llegado a ser un concepto muy actual del conocimiento. Hume fundamenta su concepción con su crítica del concepto de causalidad. Lo que tenemos por leyes causales —según la relación de causa y efecto— no es más que la costumbre deducida de la experiencia, conducida por una especie de

instinto causal. Nos vemos forzado a ello de una manera parecida a como nos vemos forzados a lo sumo psicológicamente a aceptar un concepto de sustancia.

De aquí que según Hume el conocimiento de las ciencias naturales descanse no sobre un saber demostrado, sino sobre la fe en la validez objetiva de las leyes descubiertas. También esta tesis contiene una considerable dosis de verdad a la vista de la postura dogmática de la física clásica y de su revisión actual. Hume enseñó que no se puede dar ningún conocimiento causal de la razón. En ningún caso «se puede alcanzar por un pensamiento *a priori*» la relación de causalidad. Esta nace «enteramente de la experiencia», por tanto *a posteriori*. «Nuestra razón nunca puede sacar sin la ayuda de la experiencia una conclusión de existencia real y de realidad». De aquí arranca Emmanuel Kant.

En una dirección totalmente distinta va la discusión filosófica con Descartes y la nueva ciencia de la naturaleza antes de Kant en la filosofía alemana de la Ilustración. Aquí es Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) —catorce años más joven que Locke, tres años mayor que Newton— quien en radical oposición al realismo empírico inglés enseña un racionalismo metafísico, en el que se conserva la unión de filosofía y teología. En lugar de las dos sustancias fundamentales adoptadas por Descartes —pensamiento y extensión— que no tienen mutuamente ninguna unión real, supone Leibniz en su teoría de la mónada infinitas sustancias individuales, en sí independientes, como fuerzas, almas e individuos, unidades que tienen algo que ver con los átomos de Demócrito así como con la entelequia de Aristóteles. Leibniz critica el concepto de extensión de Descartes, como el del espacio absoluto de Newton, y defiende una unidad que comprende todo el universo, en la medida en que existe un universo totalmente razonable, regido por Dios —como la mónada primitiva—. Todas las sustancias y los seres se desarro-

llan según su ley interior y están todas armonizadas entre sí «por la fuerza de la armonía preestablecida»: un idealismo espiritual-determinista que más tarde es dogmatizado y sistematizado en un racionalismo doctrinal por el filósofo Christian Wolff (1679-1754). Wolff, a quien Kant llamó el «autor del espíritu de solidez», dominó casi totalmente la filosofía del siglo XVIII. El influjo de Leibniz sobre los filósofos del idealismo alemán (Fichte, Schopenhauer, Schelling, entre otros) y sobre Herder, Goethe y Schiller fue más tarde fuertemente incrementado por un pensador emparentado en muchos aspectos con la filosofía barroca de Leibniz, Baruch de Spinoza, nacido en 1632, el mismo año que Locke, catorce años más joven que Leibniz. Spinoza anula el dualismo de Descartes, explicando su doctrina de las dos sustancias como atributos de una única sustancia que lo comprende todo, fuera de la cual nada existe: Dios o la naturaleza *(Deus sive natura)*. «Fuera de Dios no puede existir ni ser concebida sustancia alguna». Espíritu y cuerpo son atributos de esta sustancia divina. En su filosofía panteísta el supremo conocimiento es el «conocimiento intuitivo», un concepto que volvemos a encontrar en el «juicio intuitivo» de Goethe. Frente a la filosofía pragmático-empírica de Inglaterra y frente a la filosofía francesa de la Ilustración opuesta a un idealismo trascendental desde Voltaire y los enciclopedistas materialistas D'Alembert y Diderot, la filosofía alemana ha conservado hasta hoy su tendencia idealista-metafísica. Sobre todo porque conservó la unión estrecha entre filosofía y teología (Schelling, Hegel) es fácil de ver las dificultades hondamente arraigadas que de ahí se han seguido para una postura racional-objetiva con respecto a la ciencia de la naturaleza y —todavía más en general— respecto del concepto de realidad de la razón práctica. Filosofía de la Ilustración fue siempre en Alemania una palabra extranjera cargada de resentimiento.

A la vista de las oposiciones irreconciliables en las corrientes filosóficas de su tiempo, se le plantea a Kant el problema de determinar por medio de crítica las fronteras y las condiciones de conocimiento de la razón y acabar de esta manera con el dogmatismo especulativo de una metafísica que a sí misma se declara objetiva. En 1787, a la edad de sesenta y cuatro años, escribe Kant en el prólogo a la segunda edición de la *Crítica de la razón pura:*

> «La crítica no se opone al método dogmático de la razón en su conocimiento puro como ciencia..., sino al dogmatismo, es decir, a la presunción de progresar solamente con un conocimiento puro de conceptos, según principios, tales como los que acostumbra usar desde hace tiempo la razón, sin informarse acerca de la manera y del derecho como ha llegado a ellos. Dogmatismo, por tanto, es el método dogmático de la razón pura, sin crítica precedente de su propio poder».

De esta forma Kant ataca decididamente «el método riguroso del famoso Wolff, el más grande de todos los filósofos dogmáticos», a quien él piensa seguir en su ejemplar rigurosidad de conceptos, y que «habría sido extremadamente hábil, si se le hubiera ocurrido prepararse antes el campo por medio de la crítica del órgano, a saber, de la razón pura: una falta que hay que achacar no tanto a él como a la manera dogmática de pensar de su tiempo...». El concepto clave de su crítica es la experiencia —de esto hemos tratado con más detención en el capítulo precedente—. Kant conecta así con el empirismo inglés, sobre todo con Hume, y consigue sacar del callejón sin salida a la filosofía empírica unilateral que terminaba en el escepticismo, de la misma manera que criticó el dogmatismo de la metafísica idealista por medio de la apelación a la experiencia.

La relación del conocimiento con la experiencia está determinada por la de la razón con la intuición sensorial, o por la relación de la experiencia intuitiva de los sentidos con el pensamiento. Bajo este aspecto el texto siguiente de la *Estética trascendental* debe completar los análisis de Kant del capítulo anterior:

«Por medio de la percepción sensible nos son dados objetos, y solamente ella nos proporciona intuiciones; pero son pensados por medio del entendimiento y de él nacen conceptos. Todo pensamiento se debe referir, sea directa o indirectamente, por medio de ciertos criterios a intuiciones, por tanto en nosotros a la percepción sensible, porque de ninguna otra manera nos pueden ser dados objetos...

Llamo *puras* a todas las representaciones... en las que no se encuentra cosa alguna que pertenezca a la sensación. Según esto la forma pura de las intuiciones sensibles se encuentra *a priori* en la facultad sensitiva... esta forma pura de percepción sensible se llamará también pura intuición. Así, cuando yo separo de la representación de un cuerpo lo que piensa de él el entendimiento, como sustancia, fuerza, divisibilidad, etc., de la misma manera lo que en él pertenece a la sensación, como impenetrabilidad, dureza, color, etc., entonces queda todavía algo de esta intuición empírica, a saber, extensión y figura. Estas pertenecen a la intuición pura, que se encuentra en la facultad sensitiva *a priori*, sin objeto real de los sentidos o sensación, simplemente como una mera forma de la percepción sensible... Por tanto en la estética trascendental apartaremos primero la percepción sensible, separando todo lo que el pensamiento piensa por medio de sus conceptos, para que no quede más que la intuición empírica. En segundo lugar, separaremos todavía de ésta lo que pertenece a la percep-

ción sensible, para que no quede más que la intuición pura y la pura forma de las apariencias, lo cual es lo único que puede proporcionar *a priori* la percepción sensible. De esta investigación resultará que hay dos formas puras de intuición, como principios *a priori* del conocimiento, a saber, espacio y tiempo».

Así como espacio y tiempo según Kant son dados *a priori*, es decir, como condición de posibilidad de la experiencia, de la misma manera en la *Estética* espacio y tiempo son representaciones necesarias como condiciones de las apariencias. Resumiendo subraya Kant

«que toda nuestra intuición no es más que representación de apariencias, que las cosas que vemos no son en sí mismas aquello por lo que nosotros las vemos, ni sus relaciones en sí mismas son aquello por lo que nosotros las vemos... y que si quitamos nuestro sujeto o incluso solamente la condición subjetiva de los sentidos desaparecerá toda condición, todas las relaciones de los objetos en el espacio y el tiempo, y aun el mismo espacio y tiempo, ya que como apariencia pueden existir no en sí mismos sino solamente en nosotros. Qué puedan ser los objetos en sí y separados de toda esta receptividad de nuestra percepción sensible, nos es totalmente desconocido. Sólo conocemos nuestra manera de percibirlos, que nos es propia... De ésta es de la que en último término debemos ocuparnos. Espacio y tiempo son las formas puras de la misma, y la sensación en absoluto la materia. A aquéllas podemos conocerlas *a priori*, es decir, antes de toda percepción real y de aquí que se llame intuición pura» [3].

La dependencia recíproca entre la percepción sensible y el entendimiento como elementos fundamenta-

les que se excluyen mutuamente la ha definido Kant de la siguiente manera en la *Lógica trascendental:*

> «Nuestra naturaleza lleva consigo que la intuición no pueda ser sino sensorial, es decir, sólo contiene la manera como nosotros somos afectados por los objetos. Por el contrario, la facultad de pensar el objeto de la intuición sensorial es el entendimiento. Ninguna de estas cualidades se debe anteponer a la otra. Sin percepción sensible no se nos daría objeto alguno, y sin entendimiento ningún objeto sería pensado. Pensamientos sin contenido son vacíos, intuiciones sin conceptos son ciegas. De aquí que sea igualmente necesario hacer sensibles sus conceptos (es decir, añadirles el objeto de la intuición) y hacer inteligibles sus intuiciones (es decir, ponerlas bajo conceptos). Ambas potencias o facultades no pueden tampoco intercambiar sus funciones. El entendimiento no puede ver nada, y los sentidos no pueden pensar. Solamente de su unión puede surgir el conocimiento» [4].

La mutua separación tal como la contiene la filosofía radicalmente dualística de Descartes no se encuentra en Kant, pero su clasificación precisa no ofrece posibilidad de deducir de un origen común entendimiento y percepción sensible, concepto e intuición. Su filosofía crítica de la razón no le proporcionó ninguna solución, de tal manera que en la introducción a la *Crítica de la razón pura* pudo solamente expresar el sentimiento de esta insuficiencia:

> «... que haya dos ramas del conocimiento humano, que quizá se deduzcan de una raíz común, pero desconocida para nosotros, a saber percepción sensible y entendimiento, por medio de la primera de las cuales se nos dan los objetos, y por la segunda son pensados».

Aunque por medio de la crítica de Kant fueron superadas las posiciones contrarias de los empiristas rígidos y de los racionalistas dogmáticos desde Descartes, sin embargo la claridad rigurosa de su filosofía de la razón ha traído por otra parte una profunda desilusión. Prescindiendo de que al parecer no queda espacio para experiencias trascendentales, que sobrepasen la razón, y de que el concepto «trascendental» de Kant tiene exclusivamente una función teórica en el conocimiento, tampoco concede lugar alguno a la fantasía como pensamiento creador en su sistema racional de conceptos. Esto lo ha notado Goethe claramente:

> «Aquí se aducen como fuerzas fundamentales de nuestro poder de representación la percepción sensible, el entendimiento y la razón, pero se olvida la fantasía, de donde se sigue un vacío insalvable. La fantasía es la cuarta fuerza fundamental de nuestro ser espiritual, suple a la percepción sensible bajo la forma de la memoria, presenta al entendimiento la cosmovisión, bajo la forma de la experiencia, forma o encuentra figuras para las ideas racionales y vivifica así la unidad total del hombre, que sin ella debería caer en aburrida ineptitud... La percepción sensible le proporciona figuras circunscritas, determinadas, el entendimiento regula su fuerza productiva y la razón le da la plena seguridad de que no juega con fantasmas sino que está fundamentada en ideas» [5].

Es sumamente instructivo, en la discusión filosófica de los conceptos elementales de la experiencia sensible y del pensamiento, oír la voz de un físico moderno. Albert Einstein se pronunció expresamente en 1946 sobre el pensamiento filosófico y el conocimiento por experiencia sensorial:

> «En el proceso de desarrollo del pensamiento fi-

losófico a través de los siglos ha jugado un papel importante esta pregunta: ¿Qué clase de conocimientos puede proporcionar el pensamiento puro, independientemente de las percepciones sensoriales? ¿Existen tales conocimientos? En caso negativo, ¿en qué relación está nuestro conocimiento con el material bruto aportado por las impresiones sensoriales?... En este proceso de esfuerzos heroicos, relativamente infructuosos, se puede reconocer un rasgo sistemático del desarrollo, a saber un escepticismo creciente frente a todo intento de poder experimentar por medio del puro pensamiento algo relativo al «mundo objetivo», al mundo de los «objetos» en oposición al mundo de las meras «representaciones y conceptos»... La creencia de que es posible hallar por medio de la nueva meditación todo lo digno de ser sabido, en cierto sentido fue general en la infancia de la filosofía. Era una ilusión, que fácilmente podemos comprender si prescindimos por un momento de lo que hemos aprendido de la filosofía posterior y de las ciencias naturales. No nos admiraremos de que Platón conceda a la idea una especie de realidad superior a las cosas experimentables empíricamente. También en Spinoza e incluso en Hegel parece que este prejuicio, como fuerza vivificante, ha desempeñado el papel principal... Frente a esta ilusión más aristocrática de la ilimitada fuerza de penetración del pensamiento, está la ilusión más plebeya del realismo ingenuo, según el cual las cosas son tal como las percibimos con nuestros sentidos. Esta ilusión domina todo el trajín cotidiano de hombres y animales. Es también el punto de partida de las ciencias, sobre todo de las ciencias naturales».

Einstein trata acto seguido de la superación de estas dos ilusiones y nos remite a un texto del filósofo y matemático inglés Bertrand Russell:

«Todos nosotros comenzamos por el realismo ingenuo, es decir, por la doctrina de que todas las cosas son lo que parecen. Suponemos que la hierba es verde, la nieve fría y que las piedras son duras. Pero la física nos asegura que el verde de la hierba, el frío de la nieve y la dureza de las piedras no son el mismo verde, el mismo frío y la misma dureza, como las conocemos conforme a nuestra experiencia, sino algo totalmente distinto. El observador que pretende observar una piedra, observa, en realidad, si queremos dar crédito a la física, los influjos de la piedra sobre él mismo. De aquí que parezca que la ciencia está en oposición consigo misma; si ella se tiene por sumamente objetiva, cae en la subjetividad contra su voluntad. El realismo ingenuo conduce a la física, y la física por su parte muestra que este realismo ingenuo, en cuanto permanece consecuente, es falso. Lógicamente falso; falso por tanto».

Respecto a la ilusión de conseguir conocimientos por el puro pensamiento, Einstein explica que ha sido abolida por la «manera física de pensar». Esta ha destruido la confianza en la posibilidad de entender las cosas y sus relaciones por el camino del puro pensamiento especulativo. Se ha «impuesto el convencimiento de que todo saber sobre las cosas es exclusivamente una elaboración del material bruto aportado por los sentidos». Einstein afirma

«que el camino empírico (en este sentido) se ha acreditado como la única fuente de conocimiento. Galilei y Hume defendieron por primera vez con toda claridad y decisión este axioma... La nostalgia del hombre anhela un conocimiento seguro. Por eso el claro mensaje de Hume pareció aplastante: El material bruto sensible, única fuente de nuestro conocimiento, nos puede conducir por costumbre a

creer y esperar pero no a saber o entender relaciones regulares. Entonces entró Kant en escena con un pensamiento que era sin duda insostenible en la forma expuesta por él, pero que significó un paso hacia la solución del dilema de Hume: Lo que en el conocimiento es de origen empírico, nunca es seguro (Hume). Por tanto si poseemos un conocimiento seguro, debe estar fundamentado en la razón misma. Esto es afirmado, por ejemplo, respecto de los principios de la geometría y del principio de causalidad. Estos y otros conocimientos son, por así decirlo, una parte del instrumental del pensamiento, y por tanto no deben proceder de los datos de los sentidos (es decir, son conocimientos *a priori)*».

Sin duda hoy es claro, explica Einstein, «que los citados conocimientos no tienen en sí nada de la seguridad ni de la necesidad interna que les atribuye Kant». Pero precisamente es justo que se emplee en el pensar determinados conceptos, «a los cuales no se puede llegar desde el material sensorial de la experiencia».

La concepción de Einstein está muy apartada del punto de vista sensualístico, y piensa que incluso se debería «afirmar mucho más»:

«Los conceptos que entran en nuestro pensar y en las expresiones de nuestro lenguaje son todos —lógicamente considerados— creaciones libres del pensamiento y no pueden ser adquiridos inductivamente de las experiencias sensoriales. Esto no es tan fácil de advertir, ya que nosotros por costumbre unimos tan estrechamente ciertos conceptos y combinaciones de conceptos (enunciados) con ciertas experiencias sensoriales, que no somos conscientes del abismo, lógicamente insalvable, que separa el mundo de las experiencias sensoriales del mundo de los conceptos y enunciados».

Como ejemplo aduce Einstein la serie de los números enteros. Las «costumbres de pensar arraigadas» en la vida cotidiana hicieron más difícil reconocer los conceptos como creaciones independientes del pensamiento.

> «Así pudo... nacer la tan funesta concepción de que los conceptos nacen de las experiencias por abstracción, es decir, por abandono de una parte de su contenido».

Con la crítica de esta concepción tan extendida remite Einstein a David Hume. De seguirle se llega fácilmente a la idea de que hay que apartar del pensamiento como «metafísicos» todos aquellos conceptos y enunciados que no se pueden sacar del material bruto sensorial. Aunque ciertamente todo pensar «tiene contenido material no por otra cosa sino por su relación con aquel material sensorial», sin embargo, «la prescripción para el pensar, fundada sobre ello, es falsa. Pues esta pretensión —si se lleva hasta sus últimas consecuencias— excluye en absoluto todo pensamiento como 'metafísico'».

> «Hume», como lo ve Einstein, «no sólo ha fomentado decisivamente la filosofía por medio de su cruda crítica, sino que también sin culpa propia ha llegado a ser un peligro para ella, en cuanto que con esta crítica comenzó un funesto 'miedo de la metafísica', que hoy significa una enfermedad del filosofar empírico. Esta enfermedad es el polo opuesto a aquel anterior filosofar en las nubes que creyó poder prescindir y despreciar lo dado por los sentidos» [6].

Esta postura tan conciliadora de Albert Einstein, influida por Kant, pudiera ser una sólida base para el diálogo entre filósofos y físicos, impedido siempre

por valoraciones parciales y por la mutua extrañeza. Pero Einstein ha tenido que experimentar durante largo tiempo que los malentendidos puestos de manifiesto por él en el ámbito de la física forman sus frentes: entre el físico con mentalidad filosófica y el pragmático y positivista, entre el teórico y el práctico experimental.

Ahora bien, no debemos pasar por alto que la oposición entre experiencia sensorial y pensamiento, agravada por la clásica alternativa entre objetividad y subjetividad, se presenta en muchos ámbitos del pensamiento como una oposición entre intuición y abstracción, por tanto como abstracción de impresiones sensoriales de las vivencias. Un tal abismo entre intuición y abstracción —o la abstracción formalista del pensamiento— se agudiza de una manera especial en la doctrina de los colores. Los colores de todas las cosas que vemos son para el físico sólo sensaciones subjetivas, apariencias para la percepción humana. El físico cuenta con longitudes de ondas y frecuencias de la radiación visible de la luz, mientras que los colores tienen valor solamente como sus datos atributivos y no poseen realidad universal objetiva alguna. Si prescindimos de la percepción del hombre, sólo tiene sentido el estímulo luminoso, físicamente medible, de la radiación como la causa verdadera. Newton, que fundó la doctrina física de los colores, explica en su libro de *Optica o Tratado de las reflexiones, refracciones, flexiones y colores de la luz:*

> «A la luz homogénea y a las radiaciones que parecen rojas, o mejor que hacen que los objetos parezcan rojos, las llamo excitantes del rojo; a los rayos de luz que hacen que los objetos aparezcan amarillos, verdes, azules o violeta, excitantes del amarillo, verde, azul, violeta, etc. Y si alguna vez hablo de rayos luminosos de color o coloreados, no hay que entenderlo científicamente y en un sentido

estricto, sino como expresión corriente, popular, correspondiente a la representación que se formaría el pueblo común a la vista de estos intentos. Pues considerados estrictamente, los rayos no tienen color; en ellos no hay más que una cierta fuerza y capacidad para excitar las sensaciones de este o aquel color... así los colores de los objetos no son más que la capacidad de reflejar estos o aquellos rayos más abundantemente que los otros, y en las radiaciones no hay otra cosa que la capacidad de extender este movimiento hasta nuestro órgano sensorial, en último término la sensación de estos movimientos en forma de colores» [7].

El mayor enemigo de Newton fue Goethe, que le echó en cara el aislamiento artificial de los colores en sus experimentos sobre la refracción de la luz del sol:

«Primero construyó una oscura cámara
más tenebrosa que una noche egipcia,
a través de un pequeño agujero recoge
al más delgado rayo de sol,
que penetra después a través del prisma,
al poco rato está quebrado.
Por mi honor, detenido
lo ves como si fuera una cuerdita;
siete colores en lugar de blanco, oval y no redondo,
cree aquí en la palabra del maestro:
lo que así se dispersa
ha estado todo contenido en uno.
Y a ti, como a otros muchos desde siglos,
todo eso te tiene sin cuidado» [8].

Goethe atacó en su polémica detallada la doctrina de los colores de Newton y, con el esbozo de la suya propia, la división de nuestra conciencia de la naturaleza por la física. Con respecto a la realidad total no dividida vio la verdad en la polaridad viva de la

naturaleza orgánica y consideró al experimento como mediador:

«Me atrevo a firmar que un experimento, incluso varios experimentos juntos no prueban nada; más aún, que nada hay más peligroso que querer probar por medio de experimentos cualquier teorema, y que los mayores errores nacieron precisamente de no haber tenido en cuenta el peligro y la insuficiencia de este método...

Toda experiencia que hacemos, todo experimento por el que la repetimos, es en realidad una parte aislada de nuestro conocimiento; por medio de una repetición más frecuente llevamos este conocimiento aislado a la certeza...

... En la naturaleza viva nada sucede que no esté en unión con el todo, y si las apariencias se nos presentan solamente aisladas, si hemos de considerar los experimentos sólo como hechos aislados, no se dice con esto que en realidad estén aislados; la cuestión es únicamente: ¿cómo encontraremos la unión de estos fenómenos, de estos sucesos?» [9].

En 1808 escribe Goethe a Zelter:

«El hombre en sí mismo, en cuanto se sirve de sus sanos sentidos, es el aparato físico más grande y más exacto que puede haber. Y precisamente el mayor mal de la nueva física es que en cierto modo ha separado los experimentos del hombre y quiere reconocer la naturaleza solamente en lo que muestran los instrumentos artificiales y quiere limitar y determinar por ese medio incluso lo que la naturaleza puede producir. Lo mismo ocurre con el cálculo. Hay muchas cosas verdaderas que no se pueden calcular, de la misma manera que hay muchas que no pueden ser sometidas a un experimento decisivo. En cambio el hombre está colocado tan

alto que en él se representa lo que de otra manera es irrepresentable. Pues ¿qué es una cuerda y toda su división mecánica en comparación con el oído del músico? Se puede decir: ¿Qué son las apariencias elementales de la naturaleza en comparación con el hombre, que debe primero domarlas y modificarlas todas, para poderlas asimilar de alguna manera?» [10].

Pero a la física la ha conducido —lejos del hombre— al dominio sobre la naturaleza su destino parcial. En su conferencia *La unidad de la imagen física del mundo* Max Planck alude al lenguaje conceptual desensibilizado, conseguido por medio de la abstracción de la intuición:

«La palabra 'fuerza' significa sin duda originariamente fuerza humana, correspondiendo a la circunstancia de que las primeras y más antiguas máquinas: la palanca, la polea, el tornillo fueron accionados por hombres o animales, lo cual prueba que el concepto de fuerza fue tomado originariamente del sentido de vigor o del músculo, por tanto de una específica sensación de los sentidos. Pero en la moderna definición de fuerza la específica sensación sensorial ha sido tan eliminada como en la definición del color el sentido del color» [11].

La rigurosa separación de la impresión sensorial y la pretensión de verdad de las percepciones —sólo «humanas»— llegó a ser ley de una física, que consideró como realmente existente la cosa en sí, el mundo exterior puro, libre de sensación. Recordemos unas declaraciones de Max Planck:

«Hace treinta y cinco años Hermann von Helmholtz explicó que nuestras percepciones nunca pueden darnos una imagen, sino a lo sumo un signo

del mundo exterior. Pues para demostrar cualquier clase de parecido entre la propiedad de los fenómenos exteriores y la propiedad de la sensación producida por ellos, nos falta un punto de apoyo; todas las representaciones que poco más o menos nos hacemos sobre el mundo exterior sólo reflejan en último término nuestras propias experiencias. ¿Tiene todavía un sentido racional oponer a nuestra conciencia una naturaleza en sí independientemente de la misma?

¿No son más bien en realidad todas las así llamadas leyes de la naturaleza solamente reglas más o menos útiles, con las cuales compendiamos lo más exacta y cómodamente posible el transcurso temporal de nuestras sensaciones? Si así fuera, se habría encontrado desde siempre en un error fundamental no sólo el común entendimiento humano, sino también la investigación exacta de la naturaleza; pues es imposible negar que hasta ahora todo el desarrollo del conocimiento físico tiende de hecho precisamente a una fundamental separación, lo más amplia posible, entre los sucesos de la naturaleza exterior y los fenómenos del mundo de sensaciones humanas» [12].

Es la pregunta existencial, tan actual hoy como entonces, que Goethe dirigió a la física. Werner Heisenberg no se ha cansado nunca de contestarla sencillamente. He aquí su respuesta, tomada de una conferencia que dio en 1932 *Sobre la historia de la explicación física de la naturaleza:*

«Debemos conceder que sin duda un ciego de nacimiento puede aprender y comprender toda la óptica, pero por medio de este estudio nunca conseguirá el más pequeño conocimiento de lo que es la luz. Esta renuncia a viveza e inmediación, que desde Newton fue el presupuesto para los adelantos de

la ciencia natural, constituye también el motivo propiamente dicho de la lucha despiadada que llevó a cabo Goethe contra la óptica física de Newton en su doctrina de los colores. Sería superficial olvidar esta lucha como si no tuviera importancia; tiene su sentido positivo el que uno de los hombres más importantes pusiera toda su fuerza en combatir los adelantos de la óptica de Newton. Si algo se puede achacar aquí a Goethe sería solamente no haber sacado las últimas consecuencias; no debió combatir las opiniones de Newton, sino que debió decir, que toda la física de Newton: óptica, mecánica y ley de gravedad, procede del diablo» [13].

En su conferencia sobre la doctrina de los colores de Goethe y de Newton (1948) dijo Heisenberg:

«El punto de partida de la doctrina de Newton le parece a Goethe extraño y antinatural. Lo blanco, por tanto en realidad la luz en su forma más pura, tiene que ser reducido a algo compuesto, y como fenómeno fundamental consideran los físicos una luz atormentada a través de hendiduras, lentes y prismas con los instrumentos más complicados. Entendemos perfectamente que Goethe manifieste con palabras su decepción: 'De la misma manera el físico se hace señor de las apariencias, colecciona experiencias, las ensambla y atornilla por medio de experimentos artificiales... a la osada afirmación de que eso todavía es naturaleza, respondemos por lo menos con una callada sonrisa, con un pequeño movimiento de cabeza. No se le ocurre al arquitecto hacer pasar a sus palacios por montañas y bosques'. En general Goethe desaprueba el deseo de los físicos de llegar más allá del mundo de las apariencias, a sus causas...

... En la doctrina de Goethe se encuentran conscientemente unidos elementos, cuya separación pre-

ocupa siempre al físico en sumo grado: separar lo subjetivo de lo objetivo le parece al físico el primer presupuesto de toda investigación. De aquí que la doctrina de los colores de Goethe pueda enriquecer sin duda sus conocimientos en campos particulares, separados; puede enseñarle algo sobre las reacciones del ojo a las impresiones del color, sobre los colores de compuestos químicos, sobre los fenómenos de la difracción, pero precisamente la unidad de la doctrina de Goethe no existe desde su punto de vista. Pues las reacciones de los ojos encuentran su explicación en la delicada construcción biológica de la retina y de los nervios ópticos (que desde allí llevan la impresión del color al cerebro), los colores de los compuestos químicos se calculan a partir de la estructura atómica de esos compuestos, finalmente los fenómenos de difracción se deducen matemáticamente de las propiedades de un mundo que se propaga... Partiendo de este fundamento una conexión inmediata de esos tres fenómenos resulta inteligible. Aquí se manifiesta un rasgo general de la naturaleza: Fenómenos que parecen íntimamente relacionados y dependientes de nuestros sentidos, pierden a menudo esta dependencia cuando investigamos sus causas» [14].

Por tanto, la investigación de estas causas generales —medibles— de los fenómenos de la naturaleza excluye precisamente la unidad orgánica de la conexión vital con nuestras experiencias sensoriales. Estas están unidas *en* la naturaleza al hombre individual como ser viviente, mientras que las ciencias naturales investigan la naturaleza anónima, general. Esto lo explica un texto de Carl Friedrich von Weizsäcker, tomado de su tratado *Sobre algunos conceptos de la ciencia de la naturaleza de Goethe:*

«Para la ciencia de la Edad Moderna basta que

un investigador haya hecho la experiencia sensorial y que cualquier otro pueda repetirla fundamentalmente. No el acto de la experiencia es lo importante, sino los hechos sobre los que nos informa. Y los mismos hechos son importantes no como caso particular sino como tipo: 'la impresión sensorial llega a ser experiencia' para la ciencia precisamente porque es repetible. Pero lo repetible es sustituible... Goethe y las ciencias naturales de la Edad Moderna tienen un fundamento común que posibilita el diálogo. Podemos explicarlo por medio de la fórmula: Platón y los sentidos. El diálogo se hace imposible cuando ambos sobre ese fundamento común construyen edificios distintos. La idea platónica se hace en las ciencias naturales concepto general, en Goethe figura; la participación del mundo de los sentidos en la idea se hace en las ciencias naturales valor de ley, en Goethe realidad de símbolo» [15].

Pero el modo y la manera, el método que empleamos en las ciencias naturales para comprender los hechos puros ha llegado a ser como es sabido el problema fundamental en la física atómica, por tanto precisamente «el acto de la experiencia», considerado anteriormente tan sin importancia. Los pensamientos siguientes de Sir Arthur Eddington, tomados de su *Filosofía de la ciencia de la naturaleza*, nos recuerdan la crítica de Goethe acerca del método de investigación de la física.

«El conocimiento de que la luz natural blanca es una perturbación totalmente irregular, en la que se introduce regularidad por medio de nuestro método de investigarla espectroscópicamente, fue la primera señal de alarma entre los físicos, sobre si nos entremetemos tanto en nuestros experimentos que destruimos aquello que queremos investigar, ya

que no disponemos de instrumento alguno que sea tan delicado como para investigar un átomo sin destruirlo brutalmente.

La pregunta que debo hacer ahora es ésta: ¿Cuánto descubrimos y cuánto producimos nosotros mismos por medio de nuestros experimentos?

Cuando el fallecido Lord Rutherford nos mostró el núcleo atómico, ¿lo descubrió o lo hizo? Ni en este ni en aquel caso debe menoscabar esto nuestra admiración por su trabajo. Pero con gusto quisiéramos saber de qué clase fue éste. La pregunta es de las que apenas permiten respuesta. Gira en torno a una forma de expresión, igual que la pregunta de si el espectroscopio descubre o hace el color verde que nos muestra. Pero ya que probablemente la mayoría de la gente tiene la impresión de que Rutherford ha descubierto el núcleo del átomo, quiero abogar por la opinión que afirma que lo ha creado» [16].

En la física elemental no es ya posible separar los hechos de la intervención experimental, más aún, se da la situación paradójica de que las imágenes de intuición que empleamos en la física atómica, tales como ondas y partículas, son conceptos suplentes para hechos abstractos totalmente no-intuitivos, y están determinadas solamente por el método de investigación. Por tanto, aquí abstraemos no de la experiencia intuitiva, sino que intentamos hacer intuitiva una naturaleza invisible y no accesible directamente. Werner Heisenberg lo describe así:

«En Demócrito los átomos habían perdido las cualidades, tales como color, sabor, etc., solamente les quedaba la de llenar el espacio (extensión); afirmaciones geométricas sobre los átomos eran todavía admisibles y no necesitaban de un análisis posterior. En la física moderna los átomos pierden

también esta última propiedad, las cualidades geométricas las poseen no en mayor medida que las demás: color, sabor, etc. Por último el átomo de la física moderna sólo puede ser simbolizado por medio de una parcial ecuación diferencial en un espacio abstracto pluridimensional; sólo el experimento que en él lleva a cabo el observador obtiene del átomo por la fuerza la indicación de un lugar, de un color, de una cantidad de calor. Para el átomo de la física moderna todas las cualidades son deducidas, inmediatamente no le corresponde cualidad material alguna; esto quiere decir que cualquier clase de imagen que nuestra imaginación pretenda trazar del átomo es *eo ipso* defectuosa. Un conocimiento de 'primera clase' es imposible para el mundo de los átomos, tentado estoy a decir: imposible *per definitionem*» [17].

Carl Friedrich von Weizsäcker, en su tratado *La teoría atómica de la física moderna*, saca las consecuencias:

«Nosotros nos creamos con palancas y tornillos, con instalaciones de alta tensión y con ultramicroscopios un mundo de acontecimientos artificiales antes desconocidos. El carácter abstracto del conocimiento que nos proporciona este mundo es el trasunto fiel del camino que conduce a él. Esto resulta claro sobre todo en el absurdo del mundo atómico. Todo experimento es una violencia que hacemos sobre la naturaleza. Ella tiene que reaccionar a la violencia y la ley de esta reacción podemos concebirla en fórmulas. Pero toda afirmación tiene valor solamente en relación con el experimento por medio del cual se consiguió y no puede ser generalizada a un hipotético e imperturbado objetivo de las partículas o de las ondas que hemos visto en el experimento; pues debemos confesar que estas apa-

riencias intuitivas de lo real las hemos creado nosotros mismos por medio del experimento» [18].

Louis de Broglie ha descrito en 1927 en su libro *Luz y materia* la nueva situación de la así llamada doble naturaleza de la luz:

«Solamente hay una solución para esta dificultad; la intuición de la luz como ondas y su intuición como corpúsculos son reconocidas como dos intuiciones complementarias de una misma realidad. Siempre que una radiación cambia energía con la materia, se puede describir este cambio como absorción o emisión de un fotón por la materia. Pero si queremos describir el avance de los corpúsculos de luz en el espacio debemos recurrir a una propagación de ondas. Si se desarrolla este pensamiento, se llega lógicamente a la aceptación de que la densidad de la nube de corpúsculos que está unida con una onda de luz es proporcional en cada punto a la intensidad de esta onda de luz. Así resulta una especie de síntesis de dos antiguas teorías opuestas (la teoría corpuscular de Newton y la teoría ondular de Huygens) y se puede explicar al mismo tiempo las interferencias y el efecto fotoeléctrico. La gran ventaja de esta síntesis es que nos revela cuán íntimamente están unidos, en la naturaleza, por lo menos en el caso de la luz, ondas y corpúsculos. Pero si tal es el caso para la luz, ¿no se podrá aceptar que también lo es para la materia?»

De Broglie había expuesto en 1923 la tesis de que también a cada electrón se podía asociar una onda, de tal manera que no sólo la luz (el fotón) sino también la materia existía en forma de partículas y ondas:

«Todos los esfuerzos de los físicos estaban dirigidos a reducir la materia a un conjunto extenso de corpúsculos. Pero ¿no se deberá concluir que, de la misma manera que un fotón no puede ser separado de la onda que está unida a él, también los corpúsculos de la materia están siempre unidos a una onda? Esta es la cuestión fundamental que tenemos que aclarar. Supongamos que los corpúsculos de la materia, los electrones por ejemplo, están siempre acompañados por una onda. Ahora bien, si corpúsculo y onda están estrechamente unidos, entonces el movimiento de los corpúsculos y la propagación de la onda no son ya independientes uno de otro, y las magnitudes mecánicas de los corpúsculos (cantidad de movimiento y energía) se deben poder unir con las dimensiones características de la onda correspondiente (longitud de onda y velocidad de propagación). En realidad, este paralelo es posible, en cuanto se parte de la unión que existe entre el fotón y su onda correspondiente» [19].

Las «ondas de la materia» afirmadas por De Broglie fueron comprobadas en 1927 por experimentos con rayos de electrones en rejas de cristal. La doble naturaleza, por tanto, tiene también valor para la materia. La física atómica llegó a ser tanto más abstracta, cuanto más complicado se mostró el átomo. Erwin Schrödinger (1925) realizó una descripción totalmente no-intuitiva a base de una teoría de gran elegancia matemática, la «teoría de las ondas», en la cual las ondas de la materia entre otras cosas son definidas como «paquetes de ondas». A esta teoría totalmente abstracta, en la que sólo «la naturaleza de ondas» posee realidad, se opuso el mismo año Werner Heisenberg. El exigía que no se siguiera operando con imágenes simuladas, que se debía desarrollar una mecánica quántica correspondiente a la mecánica clásica, en

la que «solamente se encuentren relaciones entre magnitudes observables». El creó, juntamente con Max Born y Pascual Jordán, la «mecánica de las matrices», un procedimiento matemático mediante el cual se pueden calcular los distintos estados de energía y saltos quánticos en el átomo. Para la relación de intuición y abstracción es de suma importancia que las contradicciones entre las imágenes complementarias de partículas y ondas puedan solamente ser solucionadas renunciando a la total objetivación de los fenómenos atómicos: por el principio de indeterminación de Heisenberg. Este principio se basa en que el lugar y la velocidad de una partícula no pueden ser medidos con exactitud al mismo tiempo. Cuanto con más exactitud se mida el uno, tanto más inexacta es la determinación de la otra. Heisenberg redujo este principio de indeterminación a una fórmula matemática. Ya que toda meditación es una perturbación que modifica el suceso que se observa, de la no-objetivabilidad en particular (cfr. cap. IV, pág. 179) se sigue que hay que contar con la «probabilidad» para conseguir resultados objetivos —estadísticos—, como explica el texto siguiente de Heisenberg:

> «La indeterminación en que está aprisionada cada una de estas imágenes y que está expresada por el principio de indeterminación, es suficiente para evitar contradicciones lógicas entre las diferentes imágenes. Partiendo de estas explicaciones resulta perfectamente comprensible, sin acudir a la matemática de la teoría quántica, que el conocimiento imperfecto de un sistema sea un elemento esencial de toda formulación de la teoría quántica. Las leyes de la teoría quántica deben ser de naturaleza estadística...» [20].

Hasta aquí los datos de las ciencias naturales. Pero aún permanece en pie la pregunta filosófica acerca de nuestra relación con la realidad. «¿Deberá depender

la realidad», pregunta Carl Friedrich von Weizsäcker, «de nuestra arbitrariedad?»

> «No la realidad, pero sí la imagen, bajo la cual la comprendemos. Del átomo no podemos tener experiencia de ninguna otra manera más que por el experimento; pero precisamente el experimento es una violación de la naturaleza. Obligamos al mismo tiempo al átomo a comunicarnos sus propiedades en un lenguaje inadecuado. Intentemos determinar más exactamente la clase de divergencia con respecto a la imagen anterior.
>
> Propiamente no falla la intuición espacio-temporal; pues nosotros no experimentamos del átomo más que los resultados de medida espacio-temporales. Tampoco falla, como se ha pensado a causa de la introducción de afirmaciones de probabilidad, la ley de causalidad; pues por medio de todo experimento creamos cadenas causales cerradas. Pero falla la inserción de estos fragmentos aislados de intuición y cadenas causales en un modelo objetivo del fenómeno; falla la 'objetivabilidad de la naturaleza'...
>
> Lo que en el fondo nos deja insatisfechos tampoco es que fallen las viejas intuiciones, sino que en su lugar no entre algo nuevo inmediatamente inteligible. Si renunciamos a explicar un ser viviente como una máquina, nos queda siempre como indemnización una inmediata relación de compañerismo con él; algo de este tipo nos falta en los átomos» [21].

Dependemos de nuestro conocimiento acerca de la naturaleza, pero una y otra vez hemos de percatarnos que el hombre que aprende a dominar la naturaleza con ayuda del conocimiento científico es miembro activo de esta naturaleza. El conocimiento científico de la naturaleza es sólo un aspecto en el proceso del conocimiento y «la imagen física del mundo no es falsa por lo que afirma sino por lo que calla» [22]. El

diálogo entre física y filosofía entablado en los últimos decenios sobre nuevas bases de conocimiento nos recordará nuevamente los conocimientos olvidados por suplantación. Detrás del problema intuición y pensamiento, experiencia sensorial y abstracción aparece la pregunta fundamental acerca de la relación entre vida y ciencia. También entre los físicos hay voces que nos ponen en guardia ante la «enemistad de las ciencias naturales con la vida» [23]. Las ciencias naturales no llegarán a ser una seria amenaza para la vida —mediante sus logros técnicos—, si nosotros obramos más conscientemente que hasta ahora, teniendo en cuenta que existimos en dependencia de la naturaleza, y la ciencia natural en dependencia del hombre. Esto lo explica el texto siguiente de C. F. von Weizsäcker —que cerrará la documentación de este capítulo—, tomado de sus conferencias sobre *La historia de la naturaleza:*

«La naturaleza es más vieja que el hombre. El ha salido de la naturaleza y está sometido a sus leyes. Toda una Facultad de nuestra Universidad —la de Medicina— trabaja con métodos de las ciencias naturales en investigar al hombre como ser de la naturaleza. En este sentido, la ciencia de la naturaleza es un presupuesto de la ciencia del espíritu. Por otra parte, la ciencia de la naturaleza es hecha también por hombres para hombres y está sometida a las condiciones de todas las producciones espirituales y materiales del hombre. El hombre es más viejo que la ciencia de la naturaleza. Fue necesaria la naturaleza para que pudiera haber hombres; fue necesario el hombre para que pudiera haber conceptos de la naturaleza. Es posible y necesario entender las ciencias naturales como una parte de la vida espiritual del hombre. En este sentido la ciencia del espíritu es un presupuesto de la ciencia de la naturaleza» [24].

GOTTHARD GÜNTHER

SOBRE INTUICIÓN Y ABSTRACCIÓN

Los textos citados se extienden por un espacio de tiempo de más de dos mil años de la historia del espíritu. A pesar de todas las diferencias de terminología y modos de exposición, denotan una postura espiritual unitaria. Solamente uno de los textos se aparta de esta actitud, por lo cual volveremos más tarde sobre él. La serie de textos comienza con la famosa comparación de la cueva de Platón, en la cual se nos enseña la distinción fundamental entre intuición imaginativa y el puro pensar. La muestra de la *Crítica de la razón pura* de Kant vuelve a tratar el mismo tema, en cuanto acentúa la dualidad de facultad sensible y entendimiento. En el texto de Newton se nos habla acerca del carácter puramente subjetivo de la sensación de los colores en oposición a la así llamada objetividad de los datos de las ciencias naturales. Max Planck nos informa luego, totalmente en el sentido de Newton, que el desarrollo del conocimiento físico tiende a una separación fundamental entre los fenómenos de la naturaleza exterior y los fenómenos del mundo de las sensaciones humanas. En el mismo sentido se pronuncia Werner Heisenberg. Pero especialmente importantes me parecen las observaciones de C. F. von Weizsäcker, cuando se refiere a que la interpretación de Platón de la idea como algo no experimentable por los sentidos sea quizá «unilateral». Después continúa: «¿No se podría pensar

en una explicación opuesta y, si es necesario, al principio igualmente unilateral, según la cual la idea en sentido estricto fuera lo que se puede ver?» Me parece fundamental apuntar que aquí se parte del mismo dualismo estricto que ha impuesto a nuestro pensamiento la historia del espíritu humano en los últimos milenios. Pero C. F. von Weizsäcker habla de una segunda interpretación «al principio» igualmente unilateral. Por medio del empleo de la frase «al principio» deja entrever que la conciencia humana quizá pueda alcanzar un día un nivel de reflexión, en el cual esté superado este dualismo.

Pero las observaciones de Albert Einstein nos conducen de nuevo a un dualismo sin compromisos, cuando este gran sabio hace referencia a que los conceptos son creaciones libres del pensamiento y que nunca pueden conseguirse inductivamente a partir de las experiencias sensoriales. En este contexto son especialmente importantes las argumentaciones de Sir Arthur Eddington. Puesto que la física moderna establece fundadamente que con nuestros experimentos cambiamos y alteramos el así llamado estado objetivo del mundo cuando lo investigamos científicamente, se puede plantear esta pregunta: «¿Cuánto descubrimos y cuánto producimos nosotros mismos por medio de nuestros experimentos?» De esta manera está totalmente justificado preguntar: ¿Ha descubierto el investigador inglés Rutherford el núcleo del átomo como una magnitud que existía ya de algún modo antes del descubrimiento, o solamente ha producido por medio de su disposición experimental el fenómeno que llamamos núcleo del átomo?

Si queremos seguir el hilo del pensamiento de Eddington, las dos afirmaciones son posibles, y se les debe conceder igual valor (por lo menos sobre la base de la lógica que hoy usamos). Los últimos tres textos pueden ser compendiados en estas observaciones a modo de comentario, pues todos ellos se refieren a la

inevitable complementariedad de corpúsculos y ondas en nuestra imagen de la naturaleza, de la cual se deduce el principio de indeterminación de Heisenberg y la necesidad de que en la descripción de los sucesos naturales podamos únicamente servirnos de leyes estadísticas.

De todos estos textos una cosa se sigue irrefutablemente: la concepción del mundo que nos proporciona nuestra conciencia cognoscente descansa sobre dos potencias cognoscitivas diametralmente opuestas, que podemos caracterizar poco más o menos como capacidad de intuición y capacidad de abstracción. La manera de entrar estas dos capacidades en contacto con el mundo parece ser inconmensurablemente diversa. Cuán insondable sea la sima entre ambas, lo vemos principalmente por las observaciones de Eddington. Aun la misma realidad del mundo exterior, como un en sí objetivo, independiente de nosotros, es puesta en duda por este dualismo de la conciencia.

Llego ya al texto que hasta ahora he pasado por alto y en el que se intenta una ruptura de esta tradición. Me refiero a Goethe, y si me lo permiten, quisiera recordarles otra vez el lugar fundamental del texto. Goethe observa: «... en la naturaleza viva nada sucede que no esté en unión con el todo, y si las apariencias se nos presentan solamente aisladas, si hemos de considerar los experimentos sólo como hechos aislados, no se dice con esto que en realidad estén aislados; la cuestión es únicamente: ¿cómo encontraremos la unión de estos fenómenos, de estos sucesos?» La evidencia interna de estas palabras es tan fuerte que como hombre no hay más remedio que prestarles aquiescencia. Pero en cuanto científicos hoy no estamos en condiciones de seguir este evangelio. La crítica de Goethe con respecto a la teoría de los colores de Newton está totalmente equivocada, porque Goethe no ve el problema que se plantea Newton y en general la ciencia de la naturaleza. Aunque nosotros no podamos

seguir los caminos de Goethe, esto no excluye que hagamos algunas observaciones sobre el futuro del desarrollo de la conciencia humana, en el que el dualismo clásico de intuición y abstracción, de yo y mundo y de corpúsculos y ondas —si no suprimido y dejado a un lado— pueda por lo menos ser incorporado a una nueva imagen del mundo, en la que aparezca solamente como un aspecto parcial de nuestra conciencia de la realidad. En este contacto remito de nuevo al comentario de Weizsäcker sobre la idea platónica, en el que se manifiesta esta misma esperanza.

En los párrafos que preceden he puesto tres ejemplos de este dualismo, y éstos no han sido elegidos arbitrariamente. Cuando hablamos de la oposición de intuición y abstracción, nos referimos a una polaridad que domina el interior de nuestra conciencia. Si formulamos el dualismo como distinción de yo y no-yo, entonces abandonamos el ámbito interior de la conciencia; entonces nos encontramos en aquella región intermedia que separa la subjetividad interior del yo del mundo exterior. Pero si hablamos de la oposición de onda y corpúsculo, entonces en cierto sentido hemos olvidado tanto el yo y su problemática de conciencia como también su relación con el mundo. Ahora comprobamos que el mundo en sí, el ser en apariencia puramente objetivo de las cosas, muestra igualmente este dualismo, ya que para su descripción no nos basta ni la imagen de ondas ni la de corpúsculos. O sea, no podemos decir que el ser objetivo tenga una estructura continua ni una estructura discontinua. Ambas expresiones se contradicen en un grado considerable y, a pesar de todo, nos vemos obligados a conservarlas.

Así pues, el dualismo se manifiesta tanto dentro de la conciencia como fuera de la conciencia y finalmente en la relación de lo interno a lo externo. Si queremos salir de alguna manera de esta situación insatisfactoria, es necesario en primer lugar preguntar por los fundamentos que hacen que este dualismo nos parezca

tan inevitable y tan total. La respuesta es relativamente fácil: Toda ciencia, para ser comunicable, tiene que servirse inevitablemente de un lenguaje, y este lenguaje, independientemente de si está ya formalizado o no formalizado, se sirve naturalmente de una lógica. Pero la única lógica de que disponemos y que es nuestro instrumento científico desde los tiempos de los griegos, es bivalente. Esto significa: Todo concepto que formulamos puede ser usado afirmativa (es decir, positiva) o negativamente. Una tercera, cuarta, quinta, etcétera, posibilidad está excluida. Por tanto, nuestra misma lógica descansa sobre una rígida dualidad en la formación de conceptos, y esta dualidad produce un fenómeno, que en la lógica matemática se llama isomorfismo. Quiero aclarar con un sencillo ejemplo qué significa esto. Si al lavarnos por la mañana nos miramos al espejo, podremos comprobar que nuestro cuerpo o por lo menos una parte del mismo aparece dos veces en nuestra percepción. Primero, como un objeto físico delante del espejo y, en segundo lugar, como una imagen en la superficie del espejo. En un sentido parecido tenemos una doble experiencia del mundo real según los modos de pensamiento de la lógica clásica. Lo conocemos como contexto real que nos rodea corporalmente y en el cual está incluida nuestra conciencia. Pero, al mismo tiempo, lo conocemos reflejado como contenido en nuestra conciencia. El mundo es nuestra representación. Entre estos dos polos —el mundo en sí o nuestra representación de él— oscila nuestra capacidad teórica de experiencia. Y bien mirado es totalmente indiferente que yo diga «describo el mundo» o «describo mis contenidos de conciencia». Entre ambas afirmaciones existe una relación de isomorfia, es decir, en ambos casos digo lo mismo. Pero es sumamente importante entender que puros contenidos de conciencia no son la conciencia misma, o sea, un yo. Pues yo experimento mi yo como algo que sin duda *tiene* contenidos de conciencia,

pero que no se identifica con ellos. Esto significa que en esta lógica no hay lugar alguno propio para el poseedor de esa imagen del mundo. Pues esta lógica tiene sólo dos lugares, es por tanto bivalente, es decir, tiene lugar solamente para el mundo mismo y para su imagen en la reflexión. De esta manera vemos que en el campo visual de la lógica clásica aparece únicamente la aislada objetividad y la concreción del mundo que se refleja en su propia existencia objetiva. El mismo proceso reflexivo o la subjetividad viva que distingue y separa el mundo y su imagen, no está incluido en esta lógica.

Pero con esto queda dicho al mismo tiempo que la bivalente lógica clásica no puede satisfacer ya las exigencias de la moderna ciencia de la naturaleza. En un artículo publicado en 1931, Werner Heisenberg ha hecho notar acertadamente que —y empleo aquí sus mismas palabras— «una división totalmente rígida del mundo en objeto y sujeto ya no es posible... El objeto totalmente aislado no posee ya por principio propiedades descriptibles». Por tanto, en la moderna ciencia de la naturaleza sujeto y objeto no pueden ya separarse. El sujeto, en este caso el observador que experimenta, debe ser incluido en el sistema de la física. Pero de ahí se sigue que un sistema de lógica que quiera estar adaptado a los problemas físicos actuales tiene que hacer lo mismo. Hasta ahora esto no ha sucedido. No poseemos una lógica que defina la relación de la subjetividad con sus contenidos de conciencia. Y esto por motivos personales y prácticos. En primer lugar, la gran mayoría de los lógicos actuales se oponen todavía a tales intentos. La tarea de la que aquí se trata sería precisamente la de formalizar la lógica trascendental. Pues «trascendental» significa precisamente el paso del sujeto al objeto y del objeto al sujeto. Pero Kant, el autor de la lógica trascendental, consideraba a ésta como no-formalizable, y en este punto su influjo y el de sus sucesores es todavía hoy

decisivo. Además existen también motivos prácticos, que han impedido hasta ahora que poseamos hoy una lógica adaptada a la situación de la ciencia moderna. A la tarea de desarrollar una tal lógica se enfrentan dificultades enormes que quiero esbozar aquí.

En primer lugar, una ampliación de la lógica más allá de su estrecho ámbito clásico exige el desarrollo de una teoría filosófica de la polivalencia. El cálculo de afirmaciones de la lógica clásica bivalente, que solamente presupone dos valores y dos variables, se acaba con 16 constantes lógicas, como conjunción, disyunción, equivalencia, etc. Pero si pasamos a una lógica de cuatro valores, a la cual entonces pertenecen cuatro variables, el número de constantes lógicas que habrá que tener en cuenta aumenta en 4^{44}, esto es, igual a 4^{256} o aproximadamente 10^{153}. De la magnitud de este número nos podemos hacer una idea aproximada, si tenemos presente que los números mayores que se usan en astronomía están aún por bajo de 10^{100}. Números tales como, por ejemplo, el número de segundos transcurridos desde el comienzo de nuestro universo o el número de los átomos en un universo finito son nada en comparación con el número de las constantes lógicas que resultan en una lógica de cuatro valores. Ahora bien, se puede demostrar que una lógica que se proponga la tarea de incluir el problema de la subjetividad en su formalización, es imposible que pueda llevarlo a cabo con cuatro valores. Siete valores son probablemente el *minimum* lógico. Pero es sumamente dudoso que con una lógica de siete valores podamos describir algo más que la estructura de la subjetividad de un animal inferior. Existe la posibilidad —si bien aquí no se trata sino de una suposición muy arriesgada— de que para la descripción de la subjetividad humana necesitemos una lógica que trabaje con un número de valores comparable al número de neutrones en el cerebro humano. Este número se calcula aproximadamente en mil millones.

La segunda gran dificultad práctica de desarrollar una lógica moderna consiste en que no es posible introducir en la lógica la subjetividad de la misma manera que la objetividad. Objetividad significa identidad con el ser, y el ser es unívocamente idéntico consigo mismo. Pero en el momento en que introducimos subjetividad falla el concepto fundamental unívoco de la identidad del ser. Desde otro punto de vista ya Hegel hizo mención de ello. La identidad del yo consigo mismo es identidad de reflexión. Mientras que la cosa objetiva es introducida una sola vez, de antemano hay que introducir al sujeto dos veces, a saber, como pensante y como pensado. Yo me puedo pensar a mí mismo solamente cuando me distingo de mí mismo. Es decir, cuando distingo entre el yo pensante y el yo pensado. Esto puede parecer relativamente sencillo. Pero la situación se complica increíblemente porque yo poseo dos veces esta distinción entre el yo pensante y el yo pensado. En primer lugar, puedo encontrar esta distinción en el ámbito de mi propia conciencia, cuando llego a ser consciente de mí mismo. Pero, en segundo lugar, la distinción entre el yo pensante y el yo pensado aparece no sólo en el ámbito de mi conciencia, sino también en el mundo objetivo de las cosas, a saber, en la distinción entre subjetividad del yo y del tú. En este caso el yo pensado es la subjetividad extraña del tú, que yo nunca puedo reconocer como la mía propia. Por tanto el concepto del yo pensado es de doble significado. En un caso me refiero a mi propia subjetividad, en el otro a la subjetividad extraña. Por tanto está claro: La alternativa objeto-sujeto, sobre la que descansa la lógica clásica de dos valores, es sencilla únicamente cuando el sujeto es excluido de la descripción de la realidad. Entonces no es necesario preocuparse de la difícil estructura de lo excluido e ignorado. Pero si se quiere incluir al yo, se tiene inmediatamente la trinidad objeto, sujeto pensado, sujeto pensante. Es indudable que en

tre estos tres datos fundamentales de una lógica transclásica existen estructuras formales, en otro caso sería sencillamente imposible la universalidad intersubjetiva, es decir, la posibilidad de que sujetos distintos coincidan en sus afirmaciones sobre hechos objetivos.

A pesar de las dificultades descritas se han hecho ciertos adelantos con vistas a una lógica que sea adecuada a la situación de la ciencia moderna, pero, de una manera significativa, menos en la lógica filosófica y en la puramente matemática que en la lógica de computadores. Lo cual es fácil de entender. Cuando el cibernético quiere construir una máquina que tenga la capacidad de llevar a cabo procesos de pensamiento, la máquina es en relación con él un tú. De donde se sigue de una manera totalmente natural la distinción entre subjetividad del yo y subjetividad del tú. Y de hecho esta misma distinción ha sido introducida conscientemente en la teoría de los computadores. (Quisiera recordar aquí de una manera especial los valiosos trabajos del cibernético inglés Donald M. MacKay).

Puede parecer que con estas explicaciones sobre polivalencia y subjetividad hemos perdido de vista nuestro tema originario, a saber, la dualidad clásica de «intuición y abstracción», de «sensibilidad y entendimiento» y de «corpúsculos y ondas». Pero no es así. Estas dualidades descansan sobre el hecho de que desde los griegos usamos como vehículo científico de una lógica estrictamente bivalente. Semejante lógica somete todos nuestros contenidos de conciencia al cauce de rígidas antítesis, que excluyen otras posibilidades. Si un día llegáramos realmente a modificar de tal manera nuestro pensamiento científico que usara de una lógica, en la que la lógica clásica apareciera sólo como un caso especial de la reflexión teorética, entonces quizá fuera posible encontrar el lazo de unión buscado entre los fenómenos de la naturaleza que hoy se excluyen mutuamente y que no nos permiten llegar a

una unitaria imagen del mundo. Entonces quizá resultara también posible verificar sobre fundamento científico los principios de Goethe acerca de la observación de la naturaleza. Hoy está todavía excluido. Pero tengamos en cuenta que tales resultados sólo están al alcance de una conciencia sumamente refleja, que hoy aún no poseemos. Por este motivo en la actualidad no somos todavía capaces de conseguir una nueva imagen unitaria del mundo, después que hemos perdido la unidad religioso-filosófica de la imagen del mundo de la Edad Media. Hoy sabemos que esta unidad era meramente provisional. Se limitó a ocultar la antítesis platónica de mundo de los sentidos y mundo de las ideas, pero nunca la resolvió realmente. Con todo, no hay duda de que ante nosotros se abren nuevas perspectivas ideológicas. Los textos que hemos examinado muestran con toda claridad lo conscientes que hoy somos del carácter dualístico de nuestro pensamiento. Pero cuanto más intensamente eleva la reflexión un dato a la conciencia, con tanta mayor seguridad se está ya en vías de solución. El pensar, como lo han sabido todos los grandes filósofos, es un acto de liberación. Lo que no sabemos, nos determina, pero de aquello que elevamos a nuestra conciencia y dominamos con el pensamiento, de eso podemos liberarnos. Una tal liberación de la imagen clásica del mundo, que durante siglos nos ha mantenido en entredicho, se está hoy día llevando a cabo. Y en ella un día se reconciliará la oposición de sensibilidad e idea, es decir, intuición y abstracción.

CAPITULO VI

TEORIA ATOMICA Y FISICA ATOMICA

HISTORIA DEL CONCEPTO Y CAMBIO DE SIGNIFICACION DEL ATOMO, DESDE DEMOCRITO HASTA EL PRESENTE

Con un comentario de
VICTOR F. WEISSKOPF

La materia del mundo entero está compuesta de sillares inimaginablemente pequeños, los átomos. Sólo con altos números negativos podemos expresar el tamaño de estos elementos invisibles para nosotros: 10^{-8} cm. Pero en este espacio pequeñísimo se oculta la fuerza más grande: en la fisión de un núcleo de uranio se producen alrededor de 200 millones de voltios de electrones, y si se desintegra un kilo de uranio, 23 millones de kilovatios-hora. En la bomba atómica el hombre ha hecho explotar estas enormes energías, ha pasado la última frontera de la estabilidad del mundo, en la locura sin límites del desarrollo de su propia fuerza. Desde entonces estamos en mayor impotencia e inseguridad que nunca. Las setas atómicas que hemos producido son los paradójicos gigantes del miedo ante la destrucción. Mientras sigan aún amenazando, el optimismo que confía en la ciencia y que celebra al átomo como pacífico portador de energía de un futuro mejor, es una esperanza totalmente engañosa. El átomo, que al principio fue un concepto filosófico, se ha convertido por obra de la física atómica en el concepto político de nuestra época. Aquí chocan los tres intereses, y parece como si el átomo nos obligara —si queremos no abusar de su fuerza, sino usarla bien— a una cooperación intelectual de los campos separados: física y filosofía, ciencia de la naturaleza y ciencia del espíritu, finalmente ciencia y política.

Vaya por delante esta perspectiva a nuestra pregunta acerca del origen del átomo y la transformación de la historia de su concepto. ¿Cómo comenzó?

En el siglo v antes de Cristo el filósofo griego de la naturaleza Leucipo de Mileto y su discípulo Demócrito de Abdera y más tarde Epicuro enseñaron que lo propiamente permanente en el mundo y de todas las cosas que nosotros percibimos son los átomos, de *atomon*, lo irrompible, indivisible. Partiendo de la desconfianza respecto a la validez de las percepciones sensibles llega Demócrito a su famosa tesis:

«Según la manera usual de hablar existe color, dulce, amargo, pero en realidad solamente átomos y vacío».

Esta idea de últimas unidades materiales del ser, juntamente con la creencia pitagórica en la armonía de una estructura del mundo numéricamente concebible, matemática, ha influido de una manera esencial en el camino de la moderna ciencia de la naturaleza. Werner Heisenberg ha escrito sobre las ideas de la filosofía de la naturaleza acerca del átomo:

«La tesis de la existencia de los átomos fue la consecuencia natural del desarrollo del concepto de sustancia, a cuya explicación aspiró por primera vez la antigua filosofía de la naturaleza. La convicción de que en la mutación de las apariencias había de darse algo permanente, en lo cual se llevara a cabo la mutación, condujo a la doctrina de la existencia de un cuerpo simple. Para Tales este cuerpo simple fue sencillamente el agua, del cual parece depender toda la vida. Los posteriores comprendieron más estrictamente el concepto de cuerpo simple y éste recibió los distintivos de la unidad e indestructibilidad. Para hacer comprensible la diversidad de las apariencias se vio obligado el tiempo posterior —si no quería buscar lo permanente más allá del mundo material —a aceptar varios cuerpos simples, por medio de cuya mezcla

y separación se suscita el variado cambio de lo que sucede. Tierra, fuego, aire y agua fueron considerados como los elementos dados por la naturaleza, de los cuales está construido el mundo. Para que esta concepción condujera a una verdadera aclaración de los fenómenos, fue necesario describir intuitivamente el proceso de la mezcla. Se sugirió interpretar la mezcla de dos líquidos más o menos como la mezcla de tierra y arena y aceptar que las partes más pequeñas de los líquidos que se mezclaban conservaban sin cambio su cualidad primitiva, y que en la mezcla las partes más pequeñas de ambos líquidos estaban repartidas de una manera irregular en el espacio. Así nació espontáneamente el pensamiento de mínimas unidades indivisibles de materia, y en la teoría de Leucipo y Demócrito aparecen los 'átomos' como los verdaderos portadores del suceder material y espiritual» [1].

«Leucipo y Demócrito», así leemos en una relación de la escuela aristotélica, «llamaron átomos a los cuerpos primeros más pequeños, y enseñaron que a causa de las diferencias de sus formas, de su situación y de su ordenación unos cuerpos resultarían calientes y ardientes, a saber, todos aquellos que están compuestos de los cuerpos primeros más sutiles, de partes más finas y más homogéneos. Por el contrario, serían fríos y acuosos todos aquellos que estuvieran compuestos de los contrarios. Y así serían los unos claros y luminosos y los otros opacos y oscuros» [2].

«En esta doctrina los átomos no se distinguen ya por cualidades internas», como aclara Heisenberg, «sino por la forma, situación y movimiento. Estas cualidades geométricas son suficientes, según la opinión de los atomísticos, para explicar la variedad de las apariencias. Los átomos son lo propiamente existente, entre ellos está la nada, el espacio vacío. Por la disposición conjunta de átomos de la

misma clase se forman cuerpos compuestos más grandes, y sus propiedades están de nuevo determinadas por la clase de su disposición conjunta. Los átomos en sí son eternos e indestructibles. Con la atomística antigua resultante de estos pensamientos fundamentales hay que comparar ahora la moderna doctrina atómica.

También la moderna doctrina atómica acepta sillares elementales de la materia, a los que llama electrones, protones y neutrones, y también intenta atribuir las cualidades físicas de los cuerpos a la dinámica de los átomos».

Pero esto no significa que la antigua doctrina atómica sospechara ya algo del concepto cuantitativo del átomo. «Este no fue considerado tan matemáticamente abstracto como hoy lo consideramos», aclara Hans Georg Gadamer. «Es un concepto cualitativo y se refiere a la indivisibilidad, a lo 'sólido' y nada más, es decir, de ninguna manera se refiere a la pequeñez infinita. Análogamente tampoco quiere decir (el concepto de átomo) que todos los átomos tengan la misma forma. Antes bien la diversidad de las formas de los átomos es precisamente la determinante de la apariencia de los fenómenos macroscópicos» [3]. Desde el punto de vista de la física existen, según Heisenberg, otras diferencias fundamentales en comparación con el moderno concepto del átomo:

«La atomística moderna tiene en común con la antigua el pensamiento fundamental de que la variedad cualitativa del suceso material exterior se puede explicar relacionándola con la variedad de formas abarcables y analizables. De entre estas formas los filósofos griegos solamente disponían de las configuraciones geométricas y de aquí que la teoría atómica antigua explique las cualidades por la diversa agrupación espacial de los átomos. La prefe-

rencia de una cualidad sensible determinada, a saber, de la ocupación del espacio, como cualidad de los átomos, aparece sin embargo como una falta de consecuencia, y es por tanto comprensible que en este punto la moderna física atómica se deba apartar esencialmente de la antigua. La partícula elemental indivisible de la física moderna posee la cualidad de ocupación del espacio no en mayor grado que las otras propiedades como, por ejemplo, color y solidez. Según su esencia no es una estructura material en el espacio y el tiempo, sino en cierto grado solamente un símbolo, en cuya introducción las leyes de la naturaleza adoptan una forma especialmente sencilla. La teoría atómica de la física moderna se diferencia esencialmente de la atomística antigua en que no tolera la formación de un concepto del mundo ingenuamente materialista» [4].

El concepto materialista-mecanicista del mundo dominó, sin embargo, la física clásica, y en las siguientes palabras del gran físico inglés Isaac Newton se puede percibir claramente la doctrina atómica de Demócrito:

«Ponderando todas estas cosas me parece ver que Dios al principio creó la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y movibles y, por cierto, en tales tamaños y formas y con tales propiedades y tal distribución en el espacio, como mejor convenía al fin para que las creó, y que estas partículas primitivas, como cuerpos sólidos que son, son incomparablemente más duras que todos los cuerpos porosos compuestos de ellas, tan indeciblemente duras que nunca jamás se desgastan o se rompen en trozos y ningún poder corriente puede separar lo que Dios unió el primer día de la creación. Mientras las partículas continúen

existiendo en su integridad, pueden agruparse en todo tiempo en cuerpos siempre de la misma clase y estructura. Si se desgastaran o rompieran en trozos, entonces se cambiaría la naturaleza de las cosas que dependen de ellas. Si el agua y la tierra estuvieran compuestas de viejas partículas desgastadas o de fragmentos de partículas, no serían de la misma naturaleza y estructura de la que son ahora, ya que desde el principio fueron creadas de partículas completas. Por tanto, para que la naturaleza continúe, hay que imaginar los cambios de las cosas corporales solamente en las diversas separaciones y nuevas uniones y movimientos de estas partículas eternas. Los cuerpos compuestos tienen tendencia a romperse, pero no por el centro de las partículas sólidas sino allí donde las partículas están unidas entre sí y se tocan sólo en algunos puntos» [5].

Durante mucho tiempo la doctrina atómica fue únicamente una cómoda hipótesis filosófica de trabajo. Hasta el comienzo del siglo XIX no se consiguieron las primeras pruebas de la constitución atómica de la materia. Investigando la composición de las combinaciones químicas encontró el inglés John Dalton que los pesos relativos de los elementos contenidos en ellas son siempre constantes. Si se unen dos elementos, entonces las cantidades de peso resultantes son siempre múltiplos enteros del peso más pequeño. Esto lo aprendemos en la enseñanza de la química en la escuela, cuando deducimos de las fórmulas que nunca se unen con otro átomo fragmentos sino siempre 1, 2, 3, 4 ó 5 átomos de un elemento, así por ejemplo el agua —H_2O— dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno.

En 1808 formuló Dalton, en Londres, la tesis fundamental de que toda materia consta de un número limitado de diversos elementos, precisamente de ele-

mentos químicos, que se unen entre sí formando moléculas sólo en relaciones de masa totalmente determinadas. En 1869 Mendelejew y Lothar Meyer, independientemente uno de otro, desarrollaron el llamado sistema periódico, en el cual fueron agrupados los elementos según sus relativos pesos atómicos —en relación con el oxígeno con masa 16— y según su parentesco químico.

Otro camino hacia la atomística, independiente de los descubrimientos de Dalton, partió del conocimiento de que los átomos se encuentran en un constante movimiento de vibración, y que este movimiento aumenta al subir la temperatura como la presión de un gas calentado; se concibió «la energía del movimiento como la medida atómica para la temperatura». El movimiento de vibración de los átomos —más exactamente de las moléculas— fue descubierto por primera vez por Robert Brown, por lo que recibió el nombre de movimiento molecular de Brown. He aquí el comienzo de su informe, publicado en 1827, sobre *Observaciones microscópicas sobre las partículas contenidas en el polen de las plantas:*

«La planta era la *Clarckia pulchella*. Las semillas de su polen, que había sido separado de las anteras completamente desarrolladas pero aún no abiertas, estaban llenas de partículas o granitos de un tamaño desacostumbrado. Su longitud variaba desde casi $^1/_{4000}$ hasta aproximadamente $^1/_{3000}$ de pulgada y su forma, quizá un poco achatada, era entre cilíndrica y oval, con los extremos redondos e iguales. Al explorar la forma de estas partículas, sumergidas en agua, noté que muchas de ellas se movían visiblemente. Su movimiento consistía no sólo en un cambio de lugar en el líquido, como resultaba de los cambios de sus posiciones recíprocas, sino también frecuentemente en un cambio de forma de las partículas. En el centro de uno de

los lados tenía lugar repetidamente una contracción o sinuosidad, que iba acompañada de una hinchazón o convexidad en el lado opuesto de la partícula. A algunas pocas partículas se las veía girar en torno a su propio eje. Después de repeticiones frecuentes de estas observaciones me convencí de que estos movimientos no provenían ni de corrientes en el líquido ni de su paulatina evaporación, sino que eran propios de las mismas partículas» [6].

Algunos decenios más tarde las observaciones de Brown fueron corroboradas por la teoría cinética del calor de Clausius, Maxwell y Boltzmann, y fueron reconocidas las relaciones entre temperatura y presión del gas como prueba de la estructura atómica de la materia. Pero hasta nuestro siglo no se probó completamente la existencia del átomo.

Se llegó a conocer que en los procesos químicos no se trata tan sólo de movimientos o uniones de átomos, sino que se realizan por procesos eléctricos. La primera indicación la dio la electrólisis de combinaciones químicas. Al investigar las descargas eléctricas del gas, se encontró que de los átomos pueden ser separadas cargas eléctricas al parecer negativas, que, como se demostró, son 1.850 veces más pequeñas que el átomo de hidrógeno. Se les dio el nombre de electrones. Su existencia se puede demostrar por medio de efectos fotoeléctricos como chispas y rayos catódicos. Todos los fenómenos eléctricos, como la corriente a través de los metales, y todos los procesos químicos se fundan en el movimiento de los electrones o en su dislocación en la combinación de elementos químicos, mientras que por la separación de electrones los átomos, en otro caso neutros, se cargan positiva o negativamente, se ionizan. Entonces se les llama iones.

Así comenzó la física atómica. Los átomos no eran, pues, como en el primer modelo esferas masivas, sino que están compuestos de partículas elementales, de un

núcleo cargado positivamente y de electrones cargados negativamente.

El físico Lenard consiguió en 1903 demostrar por medio del bombardeo de hojas de metal con electrones rápidos (rayos catódicos) que la mayor parte del átomo está vacío y posee un núcleo masivo muy pequeño que forma casi toda su masa. El plano del modelo atómico actual había sido encontrado. El físico inglés Ernest Rutherford es el fundador de este modelo; él pudo probar experimentalmente las conclusiones de Lenard. Bombardeó los átomos con partículas más duras que los electrones, a saber, con partículas alfa. Estas partículas habían sido descubiertas a principios de siglo por Becquerel, Pierre y Marie Curie por medio del descubrimiento de la radiactividad natural.

Las partículas alfa son núcleos del átomo de helio. En 1911 publicó Rutherford su famoso tratado sobre *Dispersión de partículas alfa y beta (electrones) a través de la materia y de la estructura del átomo*, y en él hizo constar:

> «En la comparación... de la teoría con los resultados experimentales se ha aceptado que el átomo consta de una carga central, quizá concentrada en un punto, y que las considerables desviaciones de las partículas alfa y beta hay que referirlas principalmente a su paso a través del fuerte campo central.
>
> ... Si se considera en su conjunto el material comprobante, resulta lo más fácil aceptar que el átomo posee una carga central, extendida sobre un volumen muy pequeño, y que las fuertes desviaciones particulares se han de referir a la carga central como a un todo y no a sus partes singulares.
>
> ... Los datos generales de que disponemos indican que el valor de esta carga central para átomos distintos está en relación aproximadamente a su peso atómico, en todo caso en átomos que son más

pesados que el aluminio. Sería de gran interés probar experimentalmente si existe también una tal relación para átomos más ligeros» [7].

Rutherford pudo determinar matemáticamente la dispersión de las partículas y poco después hacer visibles en las huellas de condensación con ayuda de la cámara nebulosa de Wilson las desviaciones de las partículas a través del núcleo del átomo. Su suposición de que la carga central del átomo, es decir, el núcleo atómico, correspondía al número de orden del átomo en el sistema periódico de los elementos fue confirmada poco después por su discípulo Chadwick. El número de orden que hasta entonces sólo había servido para la numeración de los elementos, demostró ser una magnitud física decisiva, a saber, la cantidad de las cargas del núcleo, de los protones, que es igual a la cantidad de electrones. ¡Resultó que las propiedades químicas de los átomos se fundan en la relación de magnitudes físicas! Este fue un descubrimiento revolucionario. La diferencia de los elementos consiste en el número de protones y electrones, prescindiendo de otra partícula elemental, descubierta por Chadwick en 1920, el neutrón:

«Se demostró que el origen de la radiación de berilio bombardeado con partículas alfa y el comportamiento de los rayos, por lo que se refiere a su acción recíproca con núcleos de átomos, encuentran una explicación clara, si se acepta que la radiación consta de partículas cuya masa es casi igual a la del protón, pero que no poseen carga. La hipótesis más clara que se puede hacer sobre la condición de esa partícula es suponer que consiste en la estrecha unión de un protón y un electrón, lo cual da una carga neta O... Esta hipótesis está cimentada por una investigación del material de prueba disponible sobre la masa del neutrón...

Aunque solamente en dos casos de transforma-

ciones de núcleo (berilio y boro) hay pruebas irrefutables de la emisión de neutrones, debemos aceptar no obstante que el neutrón forma un elemento común de todos los átomos. Entonces podemos continuar construyendo núcleos de partículas alfa, neutrones y protones...

Se ha supuesto hasta ahora que el neutrón es una partícula compleja, que consta de un protón y un electrón. Esta es la suposición más fácil y se ve corroborada por la prueba de que la masa del neutrón es aproximadamente 1,006... Un tal neutrón sería, al parecer, el primer paso en la combinación de partículas elementales para la formación de un núcleo atómico. Es claro que este neutrón podría ayudarnos para la demostración intuitiva de la formación de estructuras más complejas, pero la discusión sobre estas cosas no se continúa porque tales especulaciones, aunque no ociosas, no son de mucho provecho por el momento. Es posible naturalmente suponer que el neutrón sea una partícula elemental. Esta opinión hoy no tiene a su favor más que la posibilidad de explicar la estadística de núcleos de átomo tales como N^{14}» [8].

No se trataba de una especulación. El neutrón es una partícula elemental. El núcleo se compone de protones positivos y partículas neutras, neutrones, de una masa aproximadamente igual. El núcleo forma, juntamente con los electrones negativos que le rodean, el átomo que de esta manera es eléctricamente neutro. La parte más pesada, el núcleo, es con mucho la más pequeña, 10^{-12} cm, cien mil veces más pequeña que el átomo completo. Si el núcleo fuera la cabeza de un alfiler, el átomo completo tendría varios cientos de metros de altura, o según otra comparación propuesta por Heisenberg: un centímetro cúbico de agua contiene aproximadamente tantos protones como granos de arena hay en el desierto del Sahara.

Se sugirió comparar el átomo con el sistema planetario. Como los satélites giran en torno a los planetas o éstos en torno al sol en distintas órbitas y distancias, así parece ser también en el interior del átomo. La estructura macrocósmica del mundo sería en principio imagen de la microscópica, y tanto en ésta como en aquélla actúan fuerzas eléctricas y campos de fuerza que dan cohesión a esta forma de estructura. Pero esta comparación tiene sus límites en la mutabilidad de los átomos, sobre todo en su fisibilidad. Al final de la primera guerra mundial consiguió Rutherford por medio del bombardeo de un núcleo de nitrógeno con partículas alfa producir un protón, es decir un núcleo de hidrógeno. De nitrógeno y una partícula alfa se hizo oxígeno e hidrógeno. Era el primer paso para el desencadenamiento de la energía nuclear, la transformación del núcleo. En 1919 publicó el informe sobre esta reacción artificial del núcleo calificada como «efecto anómalo en el nitrógeno».

«Según los resultados obtenidos hasta ahora se impone la conclusión de que los átomos extensos que resultan de la colisión de partículas alfa con nitrógeno no son átomos de nitrógeno, sino probablemente átomos de hidrógeno o átomos de masa 2. Si esto es verdad, debemos concluir que el átomo de nitrógeno es destruido y precisamente por las fuerzas gigantescas que se desatan al chocar con una rápida partícula alfa, y que el átomo de hidrógeno que se llega a liberar de esta manera ha sido un elemento del núcleo del átomo de nitrógeno.

... En consideración de la enorme energía de movimiento de la partícula alfa, emitida por el radium C, la estrecha colisión de una tal partícula alfa con un átomo ligero parece ser el agente más probable de la destrucción de este último, pues las fuerzas que actúan en el núcleo del átomo durante una tal colisión parecen ser mayores que las de

cualesquiera otros agentes de que disponemos hasta el momento. Si se considera la enorme intensidad de las energías que entran en acción, es menos sorprendente que el átomo de nitrógeno se destruya, que el que no se deshaga la misma partícula alfa en sus elementos. Los resultados, tomados en conjunto, conducen a la suposición de que, en caso de que dispusiéramos para nuestros experimentos partículas alfa —o municiones semejantes— con energía aún mayor, estaríamos quizá en condiciones de analizar las estructuras del núcleo de muchos átomos ligeros» [9].

Esto sucedió de hecho, no sólo con partículas alfa, sino que se usó también de neutrones como municiones experimentales; sobre todo, para producir artificialmente radiactividad. Se tuvo la gran sorpresa de que los elementos más pesados que existen en la naturaleza, uranio y torio, emiten rayos, precisamente las partículas alfa, que ennegrecen las placas fotográficas.

Son elementos radiactivos que se disgregan espontáneamente, sin que sea posible influir en este proceso. En el transcurso de tiempos de disgregación completamente determinados se transforman los átomos radiactivos —cada vez la mitad, de donde tiempos medios— hasta que por último surge plomo. Un miembro de esta cadena es el radium que juntamente con el polonio pudo ser separado de minerales de uranio por el matrimonio Curie. Las investigaciones posteriores dieron como resultado que en la serie de transformaciones del uranio y del torio existen cerca de cuarenta clases diversas de átomos radiactivos. Pero cuando Frédéric Joliot e Irène Joliot-Curie irradiaron elementos no radiactivos, boro y aluminio, con partículas alfa, hicieron un descubrimiento sensacional, que dieron a conocer en 1934:

«Hace algún tiempo hemos demostrado por el método de Wilson que determinados elementos (glucinio, boro, aluminio) centrifugan positrones (electrones positivos o anti-electrones), si se les bombardea con rayos alfa del polonio...

Al intentar precisar el mecánismo de estas expulsiones, hemos descubierto el siguiente fenómeno:

La expulsión de positrones de determinados elementos ligeros, que se produce por medio del bombardeo con rayos alfa de polonio, tiene una duración diversa; en el boro se puede observar este proceso hasta durante más de media hora después de que se ha alejado la fuente de los rayos alfa» [10].

Se había llevado a cabo una reacción radiactiva, producida artificialmente: De átomos de boro y partículas alfa (átomos de helio) resultó nitrógeno radiactivo, que se transformó a su vez en un tipo de carbono, y del aluminio resultó silicio pasando por fósforo radiactivo. El sueño de los alquimistas se hizo realidad: la transformación artificial de los elementos. Se descubrió además otra cosa: los productos de descomposición, como el silicio o el plomo, eran de distinta clase que los elementos químicos normales, tenían iguales cargas del núcleo, pero distintos pesos atómicos. Eran isótopos, variantes. En investigaciones espectroscópicas, al analizar el espectro de luz emitido por elementos gaseosos, encontró F. W. Aston en 1920 que muchos cuerpos simples tienen isótopos:

«Tenemos los resultados del análisis provisional de 11 elementos químicos: H, He, C, N, O, Ne, Cl, Ar, Kr, Hg, Xe (hidrógeno, helio, carbono, nitrógeno, oxígeno, neón, cloro, argón, criptón, mercurio, xenón). Estos análisis demuestran que de ellos solamente los cinco primeros son puros, los demás constan aparentemente de diversas cantidades de componentes isótopos; el criptón tiene no menos de seis» [11].

El átomo resultó ser muy complicado. Es verdad que cada elemento tiene el mismo número de protones, pero la mayoría tiene distinto número de neutrones. Estos son la causa de los isótopos. El peso atómico, según esto, se calcula por el número de protones y neutrones de un elemento, o de sus isótopos. El hidrógeno simple por ejemplo, no tiene ningún neutrón, pero sí el isótopo «hidrógeno pesado» (o deuterio); el «superpesado» llamado tritio tiene incluso tres. Es radiactivo. El calcio tiene seis, el cinc diez isótopos distintos, y el temido uranio, tal como existe en la naturaleza, tiene tres, uranio 234, 235 y 238, que es el que principalmente se da. Muchos isótopos son inestables, radiactivos, se desintegran nuevamente cuando emiten rayos alfa o beta (electrones) o rayos gamma comparables a los rayos X. En esta desintegración se transforman las más de las veces en el isótopo de otro elemento y se intercambian prácticamente las partículas elementales. En la desintegración con emisión de rayos beta, por ejemplo, un neutrón se transforma en un protón y emite un electrón y otra partícula, sin carga, admitida hipotéticamente por Wolfgang Pauli y Enrico Fermi y demostrada experimentalmente hace unos veinte años en USA: un neutrino.

La investigación atómica posterior lleva a cabo hasta el día de hoy la desintegración del átomo en un número de partículas elementales, las más de ellas inestables, conseguida con métodos refinados. Vamos a referirnos solamente a un aspecto. En 1932 había descubierto Anderson el ya mencionado electrón positivo, el positrón, la primera «anti-partícula»; si choca con su hermano de carga opuesta, ambos se transforman en libre irradiación de energía, en fotones: éste fue el famoso y primer ejemplo, experimentalmente observado, de la transformación directa de materia-masa en energía y, viceversa, de radiación en materia, pues un fotón o quanto de luz se puede también dividir en un electrón positivo y negativo. Se habla entonces

de «generación de pares». Pero volvamos a los neutrones: Por primera vez consiguió el físico italiano Enrico Fermi producir elementos radiactivos artificiales por medio de bombardeo de neutrones. En su primer informe, publicado en 1934, escribía:

«Curie y Joliot descubrieron primero que el producto átomo de una desintegración artificial no necesita coincidir siempre con un isótopo estable sino que también podría desintegrarse con emisión de partículas ligeras dentro de la relativamente larga duración media de vida. Como partículas de bombardeo fueron usadas partículas alfa de polonio, y se halló que la partícula ligera emitida era la mayoría de las veces un positrón. Resultados parecidos fueron conseguidos en elementos distintos por otros investigadores, empleando... partículas alfa y protones artificialmente acelerados. El empleo de partículas cargadas para el bombardeo limita a los elementos ligeros la posibilidad de una activación. De hecho solamente pudieron ser activados de esta manera aproximadamente diez elementos, hasta el número de orden 15. Pareció, por tanto, conveniente probar la acción de un bombardeo de neutrones, ya que estas partículas pueden alcanzar el núcleo incluso de los elementos más pesados. Las fuentes disponibles de neutrones son naturalmente mucho menos intensas que las fuentes de partículas alfa o de protones o deuterones. Pero se podía suponer con fundamento que este factor se compensaría en parte por la eficacia superior de los neutrones para producir desintegración. Los experimentos demostraron también que, de aproximadamente sesenta elementos probados, más de cuarenta podían ser activados por ese método...

Las reacciones cuya interpretación teórica parece más difícil son todas aquellas que normalmente tienen lugar entre elementos pesados, en los cuales

el átomo activado es isótopo del átomo primitivo. La hipótesis más fácil sería suponer que el neutrón que choca es capturado, de donde resulta un isótopo inestable del elemento bombardeado, con un número atómico más alto en una unidad que antes del proceso. Esta hipótesis, que coincidiría con el hecho observado de la emisión de electrones negativos, plantea en cambio serias dificultades teóricas, si se intenta explicar cómo puede ser atrapado un neutrón por un núcleo de átomo en su estado estable o casi estable...

Otra hipótesis admite lo siguiente: El neutrón que choca no es atrapado, sino que causa la expulsión fuera del núcleo de otro neutrón. Este proceso podría ser descrito de la siguiente manera:

El neutrón primario pierde parte de su energía y coloca así al núcleo por una especie de choque inelástico en una situación excitada. Teóricamente es fácil de entender que estos procesos pueden tener lugar en un porcentaje elevado de colisiones entre núcleos y neutrones. En el caso de que la energía de excitación sea lo suficientemente fuerte, puede permitir la entrada de un neutrón, antes de que el núcleo pierda su energía por la emisión de un quanto gamma...

Resumiendo, la elección entre ambas alternativas parece por el momento bastante incierta y se deberían llevar a cabo nuevos experimentos para probar este punto» [12].

Ambas hipótesis, y no sólo éstas, eran exactas. Mediante bombardeo de neutrones pueden producirse reacciones nucleares muy diversas, pues los neutrones rápidos y lentos tienen efectos muy diferentes. Fermi había supuesto, en definitiva, que de sus resultados experimentales con átomos pesados se habían producido «transuranios», es decir, elementos con pesos atómicos mayores que el del uranio 92. Esta suposi-

ción, aceptada posteriormente por otros físicos, no era cierta. Se trataba de productos de desintegración del uranio, por lo que resultaba un gran número de isótopos diferentes, la mayoría de ellos inestables. Hoy se puede producir mediante bombardeo de neutrones, de partículas alfa o también de protones muchos cientos de radioisótopos artificiales en reactores nucleares, ciclotrones, instalaciones de aceleración (como, por ejemplo, en el gigantesco sincrotón de protones de CERN cerca de Ginebra o en el sincrotón de electrones DESY en Hamburgo).

Pocos años después del experimento de Fermi descubrieron el químico Otto Hahn y la físico Lise Meitner, operando con neutrones lo mismo que Fermi, toda una serie de otros isótopos transuránicos, según ellos pensaron. Juntamente con Fritz Strassmann consiguió Hahn en 1938 el descubrimiento más trascendente, al principio no reconocido: la división de un núcleo de uranio por irradiación de neutrones en dos elementos parciales con liberación de una gran energía. Primero pensaron que se trataba de un isótopo del radium, pero el uranio se había dividido en dos elementos de peso medio. En su publicación sobre la *Prueba de la aparición de isótopos activos de bario del uranio y torio por medio de irradiación de neutrones*, efectuada en 1939 y difundida internacionalmente poco antes del comienzo de la guerra, escribían Hahn y Strassmann:

> «Si los 'transuranios' no deben ser considerados como fragmentos del núcleo de uranio juntamente con los isótopos del bario, tenemos que preguntarnos: ¿De qué clase son los otros fragmentos? Puesto que evidentemente no se trata de una división según los pesos atómicos, es decir, algo así como la formación de masurio y de elementos semejantes, se podría pensar en una división según los números de orden, y entonces podría ser emitido al mismo

tiempo un número de neutrones. Si el núcleo de uranio con sus 92 cargas nucleares fisiona núcleos de bario con carga nuclear 56, queda, en esta suposición, un elemento de carga nuclear 36, es decir, el criptón. Este se podría transformar en rubidio, estroncio, itrio y quizá otros más. De entre todos estos supuestos elementos activos se deja aislar de una manera cómoda y segura el estroncio» [13].

Era un tiempo de desorientación colosal, pues aparecieron un montón de «transuranios», que después resultaron ser productos de desintegración del uranio. Acerca de esto escribieron Hahn y Strassmann en 1941:

«En la desintegración del uranio, descubierta por Hahn y Strassmann a principios de 1939, surge una serie completa de elementos de peso atómico medio, la mayoría en forma de varios isótopos. Su número ha llegado a ser en los aún no terminados tres últimos años tan grande que quien no esté iniciado en estos trabajos difícilmente podrá hacerse una idea de por qué caminos se llevó y se lleva todavía a cabo el desenredo de las numerosas sustancias. Hasta ahora han sido hallados los representantes de 23 elementos. Por su aparición simultánea en forma de varios isótopos el número de clases de átomos demostradas se eleva hoy a más de 80» [14].

En su autobiografía publicada hace pocos años resume Hahn el resultado principal de la división del núcleo de esta manera:

«El proceso llamado por nosotros explosión, por Meitner y Frisch fisión, era uranio 92 dividido en bario 56 + criptón 36. Meitner y Frisch hicieron también en su primera comunicación un cálculo sobre la cantidad de energía desprendida en la fi-

sión, que se suponía era enorme. La calcularon aproximadamente en 200 MeV por átomo de uranio fisionado» [15].

El elemento 92, uranio, se convirtió en fuente de gigantescas energías. El uranio 238 (238 = peso atómico o número de masa, la suma de protones y neutrones, es decir, 92 protones y 146 neutrones) por la captura de neutrones puede convertirse en uranio 239, desprendiéndose dos electrones (rayos beta). Este uranio 239 es muy inestable y tiene sólo una duración media de 23 minutos. Se desintegra nuevamente (la así llamada desintegración beta), en cuanto que un neutrón nuclear se transforma en un protón y un electrón, que es emitido, de manera que entonces resulta un nuevo elemento con 93 protones, un verdadero transuranio que ha sido llamado «neptunio» ($Np\ 239_{93}$), un isótopo inestable con dos o tres días de duración media. El neptunio se transforma de nuevo por desintegración beta en otro elemento que tiene 94 protones, es decir, que es más pesado: el temido *plutonio*. El plutonio, producido por primera vez en los destiladores de uranio americanos, es el elemento empleado en las bombas atómicas que destruyeron Hiroshima y Nagasaki. Se trata, como en otros transuranios, de un elemento que no se encuentra en la naturaleza, sino que es producido por nosotros sintéticamente, pero que en comparación con otros transuranios es muy estable, porque el proceso de desintegración radiactiva dura mucho más. ¡Tiene una duración media de 24.000 años! La transformación de uranio 238 en plutonio 239 señala los siguientes estadios: uranio 238_{92} > uranio 239_{92} > neptunio 239_{93} > plutonio 239_{94} (94 protones y 145 neutrones). Mientras tanto se produjeron artificialmente toda una serie de ulteriores transuranios, como los elementos 95, americio, 96, curio, o 99, einstenio, 100, fermio, 102, nobelio.

En el uranio natural —una mezcla de sus isótopos con los pesos atómicos 238, 234 y 235— solamente se puede separar el isótopo 235, el cual está representado en el uranio sólo en un 0,7 %. Si se desintegra, pueden surgir más de 80 diferentes isótopos activos de nuestros elementos químicos habituales. La reacción en cadena surge al «refrenar» en la división del núcleo a varios neutrones, que chocan con nuevos núcleos y los dividen, etc. Así se puede en un mínimo espacio de tiempo aumentar la energía enormemente. En menos de noventa generaciones de fisión se producen tantos neutrones que llegan a dividirse núcleos de cincuenta kilos de uranio. Esto se puede conseguir en menos de una millonésima de segundo. En este proceso se libera una cantidad de energía de 1 millón de toneladas —1 megatón— de la materia explosiva corriente. Esta reacción en cadena, regulada, retardada, puesta bajo control, se emplea en los reactores nucleares, para consecución de energía. Pero como el uranio 235, según hemos dicho, solamente se halla en cantidad muy pequeña y su separación para enriquecerlo con vistas al proceso de desintegración es muy costoso, ya desde 1945 se procedió de un modo más simple, usando el plutonio 239, resultante del uranio 238, como producto de desintegración y que se puede dividir como el uranio 235.

No podemos recorrer aquí el camino posterior de la investigación en sus experimentos más sutiles con partículas elementales del átomo y sus componentes, sólo podemos indicarlo someramente. Desde hace tiempo se ha especializado la física atómica en la física nuclear y en la física de las partículas elementales. Empleando las partes constantes del átomo, protones, electrones y neutrones como instrumentos de medida a escala cada vez mayor en los ciclotrones y sincrotones, se descubrió un gran número, más de treinta, de partículas muy efímeras, sobre todo varios tipos de *mesones*, existentes también en la radiación cósmica

del espacio, uno de los cuales, descubierto por C. D. Anderson, Mi-meson, existe únicamente durante dos millonésimas de segundo, antes de desintegrarse en un electrón y dos neutrinos. Otro, descubierto por C. F. Powell, el Pi-meson, existe solamente durante una cuarentamillonésima parte de segundo; un tercero, neutro, solamente la milésima parte de una billonésima de segundo. Lo decisivo es la conclusión de que casi todas las partículas de la materia se pueden producir y transformar unas en otras, si con gran energía se hacen chocar unas contra otras las partes estables, protones y neutrones. ¿Se puede reducir toda la materia a un denominador común, a una materia fundamental, cuyas variedades sean los distintos sillares? Para los físicos que buscan la estructura fundamental, una ley matemática para la unidad de la materia y del universo, ésa es la pregunta fundamental. Aquí habría que recordar la «fórmula del mundo» de Heisenberg. Y cuando nosotros decimos materia, significamos también *energía*. Ambas cosas —según la fórmula de Einstein $E = M \cdot c^2$— son lo mismo. En última instancia no podemos ya agarrarnos a nada seguro, desde que deshicimos y destruimos la cerradura de seguridad de la naturaleza, el átomo. Pero preguntemos aún a modo de conclusión: ¿Qué hay del modelo atómico? Una vez descubierto por Rutherford, el físico danés Niels Bohr, muerto en 1962, consiguió completarlo al descubrir que la naturaleza todavía lleva a cabo saltos, en todo caso en el átomo. Se dan distintos estados de energía de un mismo átomo. Pero no transforma su estado continuamente, como se podría pensar según la física de Newton, sino en saltos de energía perfectamente determinados. Bohr introdujo en la física atómica el «quanto elemental de energía» (h), descubierto por Max Planck, que se manifestó como una constante universal. En su *Tratado sobre la estructura del átomo* escribía Bohr en 1913:

«Sea cual fuere la variación de las leyes del movimiento de los electrones, parece necesario introducir en las leyes de que tratamos una magnitud, extraña a la electrodinámica clásica, a saber, la constante de Planck o, como frecuentemente se la llama el quanto elemental de energía. Ahora bien, el punto esencial en la teoría de la irradiación de Planck está en que la irradiación de energía de un sistema atómico no tiene lugar de una manera continuada, como se acepta en la electrodinámica corriente, sino que se lleva a cabo en determinados procesos separados de emisión».

El resultado de sus hipótesis más importantes decía:

«1. La radiación de energía no se emite (o se absorbe) de una manera continuada, como se supone en la electrodinámica corriente, sino solamente durante el paso de los sistemas de un estado 'estacionario' a otro.

2. El equilibrio dinámico de los sistemas en los estados estacionarios está determinado por las leyes habituales de la mecánica, mientras que estas leyes no valen para los estados de transición de los sistemas entre diferentes estados estacionarios.

3. La irradiación, emitida durante el estado de transición de un sistema entre dos estados estacionarios, es homogénea y la relación entre la frecuencia y la cantidad total de energía irradiada E está dada por $E = h \cdot v$, donde h es la constante de Planck» [16].

Así pues, Niels Bohr ha interpretado el modelo atómico de Rutherford según la física quántica y descubierto las leyes de la dinámica interna de sus diferentes estados de energía. El término «modelo» parece indicar que podemos reconstruir una representación plástica del átomo invisible. Lo cual, según nuestro

saber actual, no es realmente posible. Se trata tan sólo de una construcción auxiliar, que describe *una* de las dos estructuras igualmente válidas, pero que se excluyen mutuamente, a saber, la discontinua, desmembrada en partículas compactas, o la continua, en forma de ondas. También se puede demostrar que los electrones son «ondas de materia», y a la teoría de las capas, según la cual los electrones giran alrededor del núcleo como pequeñas esferas, se puede oponer la otra, según la cual «giran como ondas» en órbitas en torno al núcleo.

También para el núcleo del átomo existe, desde hace más de diez años, según las investigaciones de H. D. Jensen y M. Goepert-Mayer, la teoría del modelo de las capas, por tanto un modelo interno análogo al externo de los electrones.

Pero en forma de modelo se puede representar propiamente sólo el tipo de partículas. Cómo sea el átomo «en sí», no nos lo podemos imaginar, pues lo que nosotros observamos está condicionado y determinado por el correspondiente método experimental de investigación. El átomo como un todo no es completamente objetivable. De aquí que para el físico, como se ha dicho en el capítulo V, exista solamente la posibilidad de la descripción matemático-estadística según la teoría quántica, como aclara el texto siguiente de Werner Heisenberg, publicado en 1953:

> «La indeterminación en que está aprisionada cada una de estas imágenes y que está expresada por el principio de indeterminación, es suficiente para evitar contradicciones lógicas entre las diferentes imágenes. Partiendo de estas explicaciones resulta perfectamente comprensible, sin acudir a la matemática de la teoría quántica, que el conocimiento imperfecto de un sistema sea un elemento esencial de toda formulación de la teoría quántica. Las leyes de la teoría quántica deben ser de

naturaleza estadística. Para poner un ejemplo: Sabemos que un átomo de radium puede emitir rayos alfa. La teoría quántica indica la unidad de tiempo probable en que la partícula alfa abandona el núcleo; pero el momento exacto no puede predecirlo, éste es por principio indeterminado. Tampoco es de suponer que sean halladas más tarde nuevas regularidades, que nos permitan determinar ese momento exacto; pues si así fuera, ya no habría manera de entender la partícula alfa como una onda que abandona el núcleo del átomo; y como tal es demostrable experimentalmente. Los distintos experimentos que demuestran tanto la naturaleza ondular como corpuscular de la materia atómica, nos obliga con su carácter paradójico a la formulación de regularidades estadísticas» [17].

A estas aclaraciones de Heisenberg quisiéramos añadir a manera de conclusión un fragmento del tratado de Niels Bohr, compuesto en 1954, sobre la *Unidad del saber:*

«Una generalización de la física clásica, libre de contradicción, que por una parte tenga en cuenta el quanto de energía y que por otra conserve la interpretación inequívoca de experiencias experimentales sobre masa inerte y carga eléctrica del electrón y de los núcleos, ha resultado ser una tarea muy difícil. Sin embargo, se pudo conseguir a base de las aportaciones de toda una generación de físicos teoréticos desarrollar paulatinamente una descripción consecuente y completa, dentro de un amplio marco, de los fenómenos atómicos. Esta descripción se sirve de un formalismo matemático, en el cual las variables de las teorías de la física clásica han sido sustituidas por símbolos... Como consecuencia del carácter específico de tales abstracciones matemáticas, el formalismo no permite, sin embargo,

una descripción intuitiva en el sentido habitual, sino que tiende directamente a la formulación de relaciones entre observaciones que se llevan a cabo bajo condiciones de ensayo bien definidas. Teniendo en cuenta que en una determinada disposición experimental pueden aparecer diversos procesos quánticos individuales, esas relaciones son esencialmente de naturaleza estadística».

Sobre la problemática que de ahí resulta para la definición lingüística se pronuncia Bohr en el mismo artículo:

«A pesar de la asombrosa eficiencia de la mecánica quántica, la renuncia radical a la acostumbrada explicación física, y sobre todo la renuncia a representaciones deterministicas, ha suscitado en el ánimo de ciertos físicos y filósofos la duda de si se trata aquí de una solución pasajera o si nos encontramos más bien ante un paso irrevocable en relación con la descripción objetiva. La aclaración de esta pregunta exigiría un examen a fondo de los fundamentos de la descripción y síntesis de las experiencias físicas.

En este contexto hemos de tener ante todo presente que, aun cuando los fenómenos sobrepasen el marco de las teorías de la física clásica, la descripción de las disposiciones experimentales así como de las observaciones debe realizarse en un lenguaje más sencillo, complementado convenientemente con expresiones técnicas físicas. Esto es una clara exigencia lógica, ya que la palabra 'experimento' se refiere a una situación en la cual nosotros podemos relatar a los demás lo que hemos hecho y observado. La diferencia principal entre la investigación de fenómenos en la física clásica y en la física quántica consiste en que en la primera la acción recíproca entre los objetos y los aparatos de

medida no era tenida en cuenta ni compensada, mientras que en la última esta acción recíproca forma parte integrante de los fenómenos. La totalidad esencial de un fenómeno quántico encuentra su expresión lógica en la circunstancia de que todo ensayo de una subdivisión bien definida exigiría un cambio en la disposición del experimento, que sería irreconciliable con la aparición del fenómeno» [18].

CONCLUSION

La física atómica ha resuelto el clásico idealismo mecanicista de la física de Newton, que buscaba representaciones dogmáticas de causalidad incondicional, separación perfecta de mundo exterior e interior y perfecta objetivación. Este es el resultado filosófico de una física que consiguió su autonomía precisamente porque creyó que no debía rendir cuentas de las premisas filosóficas de sus conceptos fundamentales. El que ahora deba hacerlo y el que sea consciente de los límites de la objetivación y de las afirmaciones experimentales en su dependencia de los instrumentos de medida y de los interrogantes del experimentador, ha conducido a la física desde Einstein al diálogo filosófico. La relatividad de las normas clásicas absolutas se podría comparar con la pérdida del determinismo idealista en la filosofía, que creyó por su parte poder pensar independientemente de la física. Precisamente en esta mutua negación, en la amplia reducción en beneficio de un dualismo espiritual-material se manifiesta el común proceso de evolución de la física y de la filosofía y se muestra hoy el cambio dialéctico que las reúne en la nueva filosofía de la naturaleza así como en la crisis común de los fundamentos de la lógica. Desde la teoría quántica sabemos que la lógica aristotélica bivalente ya no basta. A la física y a la filosofía se les presenta el problema de desarrollar una

lógica polivalente. En ella el *tertium non datur* dejará de tener validez ilimitada.

En este paso dialéctico de alternativas clásicas a una reciprocidad complementaria experimenta también el hombre, como protagonista de la ciencia, que —hagamos lo que queramos con los conocimientos de la naturaleza adquiridos— somos seres vivientes en la naturaleza o, como dice Niels Bohr, que «la naturaleza no es un experimento del hombre, sino el hombre un experimento de la naturaleza».

Pero nuestra existencia no está aún influida por este cambio. Deberíamos preguntar además quién es el experimentador. ¿Cómo puede ser la naturaleza en su conjunto? El concepto anónimo no nos ofrece ningún oponente, ningún diálogo, no es una instancia superior, como no sea transparente para un transfondo espiritual, en el cual podamos proyectar la pregunta acerca del hombre y del *modus* del mundo. Pero así vamos a parar de nuevo al horizonte del diálogo de Platón en el *Timeo*, suscitamos la pregunta fundamental acerca del demiurgo, acerca del concepto de Dios de la Antigüedad y del Cristianismo. Entonces preguntamos por la idea sobre la que se basa la naturaleza, que para Platón era todavía la idea del bien.

La ciencia de la naturaleza de la Edad Moderna se ha desatendido de la idea del mundo como problema del ser. La filosofía no puede prescindir de ella. Desde Galilei la física ha leído solamente en el «libro de la naturaleza» y ha dejado descansar la pregunta acerca del arquitecto o del Dios creador. Mientras un elemento representante de la indestructibilidad del ser, el átomo —en representación de una existencia fuera del tiempo y de la historia—, marcó los límites para un Absoluto, Definitivo, esta gigantesca suplantación de la *philosophia naturalis* no pudo tener todas sus consecuencias. Un apoyo finito ofrecía seguridad última. Pero ahora ha estallado este elemento fundamental del ser material, se ha desintegrado en innumera-

bles partecitas elementales y partículas, y nosotros a la vista de la multiplicidad pluralística somos incapaces de pensar con pleno sentido el concepto de lo absoluto. La unidad que ha ocupado el lugar de las antiguas cualidades sustanciales, es la unificación cuantitativa de fuerzas elementales, sólo matemáticamente formulables, de la energía intercambiable con la materia. Pero aquí con la emigración a las subestructuras elementales hemos alcanzado precisamente el lado oscuro del mundo ideal, resplandeciente en otro tiempo de luz trascendental. Operamos en la mayor profundidad, en el seno de los misterios de la creación, en los sótanos no habitados pero que soportan los fundamentos, y realmente hemos traído a la tierra y debajo de ella el fuego de Prometeo desde el cielo de las energías solares atómicas. Así el átomo desencadenado es símbolo de ese camino hacia una existencia más interna, que estamos recorriendo en todos los campos. Lo que son los átomos para el físico, son los genes para el biólogo; genes que entretanto —como el físico las partículas elementales— hemos disgregado en proteínas y ácidos nucleicos. Nosotros leemos en el código descifrado las informaciones de la herencia. En la filosofía existencial y ontológica, en las artes plásticas como en la literatura, en la nueva música como en la psicología desde Freud, en la antropología y en la investigación de la conducta y finalmente en la cibernética electrónica y en la teoría de la información practicamos los análisis fundamentales del ser, desnaturalizamos para en nuevas creaciones sintéticas aprender el arte de producir nueva naturaleza. Estamos cada vez más cerca de conseguir la cría del *homunculus* a base de mutaciones genéticas, el sueño de los cultivadores de la eugenesia, que no se resignan ante el hombre biológicamente degenerado, zafado a la selección darwinística por medio del arte de la medicina. La física atómica es el modelo más expresivo de todo

este progreso que aparentemente ha llegado a ser autónomo.

Pero los problemas precarios surgen ya en los mismos conceptos con los cuales tratamos en la ciencia y que son la base de nuestro pensar.

Volvamos, después de esta digresión panorámica, a la realidad del átomo y su historia y a los textos de la documentación, que comenta Victor F. Weisskopf, durante varios años (hasta 1965) director general del Centro Europeo de Investigación Nuclear —CERN— cerca de Ginebra.

VICTOR F. WEISSKOPF

SOBRE TEORIA ATOMICA Y FISICA ATOMICA

Como Heisenberg ha hecho notar acertadamente, pertenece a la esencia de la ciencia de la naturaleza buscar las partículas elementales de la materia. La infinita multiplicidad de la naturaleza se reduce a la acción de unas pocas clases de elementos primordiales, a los que corrientemente se llama átomos. Este sueño de Demócrito se vio realizado en el siglo XIX, al poder probar realmente los químicos que todo lo que existe en torno a nosotros aquí en el mundo está compuesto de 92 elementos. Es decir, 92 clases distintas de átomos pueden dar todo lo que es visible en torno nuestro. Los átomos serían los elementos originarios; pero ¿están compuestos los átomos mismos de algo? ¿Son indivisibles? ¿Hay átomos de átomos? ¿Se podría continuar este pensamiento *in infinitum?* Aquí parece existir una contradicción, pues la partícula elemental debe estar compuesta de algo. La solución a esta contradicción o por lo menos la solución parcial hay que buscarla, como veremos, en la física moderna. Tomemos el ejemplo característico: el átomo. Rutherford descubrió que el átomo es un sistema planetario. El núcleo está en el centro, los electrones giran como planetas alrededor del núcleo. Así pues, nos encontramos con que el átomo es divisible, consta de partes. De esta manera tropezamos con la contradicción esencial de la física clásica. ¿Es el átomo un sistema planetario?

Si lo fuera, entonces sería también inestable, deformable, de la misma manera que lo es nuestro verdadero sistema planetario. Si, por ejemplo, una estrella chocara con nuestro sol o pasara sólo cerca de él, se alterarían por completo las órbitas de los planetas y continuarían en formas totalmente distintas, cuando aquella estrella se alejara de nuevo. Pero el átomo no se comporta de esta manera. El átomo muestra una especial estabilidad. Pensemos, por ejemplo, en los átomos del aire que nos rodea; los átomos chocan ininterrumpida y fuertemente unos contra otros, y no obstante el átomo de nitrógeno permanece nitrógeno y el átomo de oxígeno permanece oxígeno, sin cambiar sus propiedades. Es decir, los sistemas planetarios atómicos muestran una insólita estabilidad, que no se puede encontrar en la mecánica atómica normal de los planetas.

La mecánica quántica ha hallado la explicación de este fenómeno. Ha demostrado que los movimientos de los electrones en torno al núcleo son en realidad formas de oscilación. Tienen propiedades de ondas. Las formas de oscilación tienen propiedades muy típicas, que recuerdan en todo esta estabilidad. Si son alteradas, después se establece de nuevo la forma primitiva, pues sólo hay formas de oscilación muy determinadas, que pueden aparecer bajo determinadas circunstancias. Por eso es posible que los átomos tengan una identidad, que dos átomos de la misma clase sean realmente los mismos, puesto que los electrones no pueden sino tomar bajo las mismas circunstancias formas de oscilación idénticas. Considero este conocimiento como verdaderamente esencial en la ciencia de la naturaleza. Quizá sea interesante bajo el aspecto histórico anotar que en el átomo, por razón de estas formas de oscilación quántico-mecánicas, aparece de nuevo el viejo pensamiento de Kepler. El pensamiento de Kepler supuso que las órbitas de los planetas en torno al sol se mueven también según for-

mas geométricas perfectamente determinadas. La ciencia ha demostrado que esto es falso, pero es interesante que de nuevo aparezca la misma idea en el sistema planetario atómico, que aquí los sistemas planetarios deban seguir formas totalmente determinadas, que así aparezca nuevamente de alguna manera en la mecánica del átomo el viejo pensamiento pitagórico de la armonía de las esferas, del número simple, y precisamente allí donde conserva la significación especial que vemos por doquier en torno nuestro, por ejemplo, en los cristales, que no son otra cosa que un aumento de la simetría de oscilación de un átomo, donde los átomos están todos organizados en la misma simetría y producen en la simetría del cristal una copia en grande de la simetría atómica.

Quisiera referirme también a la observación de Newton arriba citada. Newton quiso atribuir a las partículas elementales una solidez interna especial, pues temía que la identidad de la naturaleza estuviera en peligro, si, como él se expresaba, llegaran a desgastarse estas partículas elementales. Ahora bien, precisamente esta identidad, esta reconstrucción de la misma forma, ha sido demostrada de manera brillante por la mecánica quántica. Esta es una propiedad fundamental que se debe atribuir a las propiedades ondulares de los electrones.

Pero ahora quisiera subrayar que esta identidad, la estabilidad, es decir, esta cualidad de partícula elemental propia del átomo, es relativa. Si el átomo es tratado con grandes cantidades de energía, si los choques entre los átomos llegan a ser muy grandes, entonces se sobrepasa la estabilidad y aparecen cambios en el átomo. Podemos verlo a cada momento en la tierra; cuando encendemos una cerilla, arrancamos electrones de los átomos, y así se produce la aparición de la luz que nosotros vemos; en la bombilla eléctrica se da el mismo fenómeno. Es decir, cuando un átomo es atacado con energías un poco más elevadas, enton-

ces su estabilidad está ya sobrepasada y el átomo no se comporta como partícula elemental compacta, estable, idéntica, sino que se comporta cada vez más como se comportaría un sistema planetario corriente sin las propiedades mecánicas de las ondas. Tenemos un ejemplo especialmente característico en dos elementos, de suyo muy diversos, como el metal sodio y el gas neón, que por lo demás se diferencian sólo en un electrón. Si se les considera en su estado quántico, que es el suyo normal, el uno es un metal y el otro un gas. Pero si a ambos se les somete a altas temperaturas, muy por encima de este umbral de estabilidad, entonces los dos se vuelven un así llamado plasma y apenas se diferencian en nada. Quisiera pronunciarme aquí un poco en contra quizá de la opinión sostenida por Heisenberg en una de sus citas, donde describe el átomo como un símbolo y no como una realidad en el tiempo y en el espacio. No puedo solidarizarme con esta opinión. Según mi modo de ver el átomo es algo absolutamente real, pues en última instancia los objetos que nos rodean, los montes, las casas, están compuestos de átomos. Es decir, los átomos tienen que ser reales, son una parte de la realidad. Lo que la física ha descubierto es lo siguiente: esta realidad es una realidad más rica que la que pueden forjar nuestros pensamientos, nuestras imágenes mecánicas. La verdadera realidad del átomo contiene mucho más; contiene las formas de oscilación, las propiedades de las partículas y las propiedades de las ondas. Esto no es totalmente comprensible con los conceptos clásicos corrientes, pero cuando se trata del concepto de realidad, yo diría que nuestros conceptos mecánicos son menos reales que el propio átomo.

Sigamos adelante. Hice notar antes que si los átomos son expuestos a grandes influjos de energía, superiores al umbral de estabilidad, pierden su identidad, sus propiedades elementales. Entonces debemos considerarlos como compuestos de partes, a saber, el núcleo

y los electrones. Esto quiere decir que cuando superamos este umbral ya no son los átomos las partículas elementales, sino el núcleo y los electrones. Ahora hay que preguntarse, ¿son los núcleos y los electrones a su vez partículas elementales sólo en un sentido limitado? También esto ha sido demostrado por la física más tarde.

Subamos ahora un escalón más en este sistema conceptual que yo llamaría escala quántica. El átomo está en un peldaño inferior de la escala quántica, y ahora llegamos al siguiente escalón, donde entramos en la estructura de los núcleos atómicos. Aquí interviene una importante ley quántica. A esta ley la llamaría yo relación volumen-energía. Se demuestra que en virtud de la teoría quántica el umbral de la energía es tanto más alto, cuanto más pequeño es el sistema. Esto quiere decir que el núcleo, que es mucho más pequeño que todo el átomo, tiene un umbral, respecto de la energía con que se puede destruir su estabilidad, mucho más alto, cien mil veces más alto, que el del átomo. En las usuales unidades de energía se diría que el umbral del átomo asciende a un voltio de electrón, mientras que el umbral del núcleo alcanza millones de voltios de electrón. Cuando se somete a un núcleo a esas energías tan altas, por ejemplo, cuando se le bombardea con un ciclotrón o con un sincrotón, entonces pierde también el núcleo su propiedad elemental, estable, idéntica y se muestra como sistema compuesto de partes más pequeñas, de protones y de neutrones. Vemos de nuevo, en un escalón más alto de la energía, y más pequeño de la medida de longitud, una repetición del mundo atómico. Vemos nuevamente fuerzas que mantienen unidos a los protones y neutrones, que sujetan a los protones y neutrones a órbitas circulares o a órbitas elípticas. Estas órbitas se reducen de nuevo a formas de oscilación en virtud de la mecánica de las ondas, y volvemos a tener entonces situaciones quánticas, estabilidad, estados de excitación, etc.

La analogía va más lejos. Los átomos actúan en el mundo corriente que nos rodea, causan reacciones químicas, producen energía, por ejemplo, en la combustión, en el fuego terrestre. Lo mismo sucede en el más alto escalón de la escala quántica, en los núcleos, cuando éstos comienzan a reaccionar y a influir unos en otros, entonces tenemos el fuego cósmico, que produce la energía del sol. De esta manera nos encontramos con una repetición de las mismas circunstancias en la más alta escala quántica. Podemos, por tanto, decir que el núcleo, el núcleo atómico, es una partícula elemental en el ámbito terrestre, donde las energías no son lo suficientemente grandes para traspasar su umbral. Pero no es partícula elemental en un ámbito donde se disponga de grandes energías, allí son el protón y el neutrón partículas elementales. Naturalmente se impone la pregunta: ¿hay un escalón más alto aún en la escala quántica? ¿Existe una estructura del protón y del neutrón? ¿Y quizá del electrón? Por razón de nuestra ley volumen-energía es de esperar que esta estructura, si en realidad existe, sólo se dé a conocer cuando bombardeemos protones y neutrones con una energía aún más grande de la que usamos en la física nuclear. Estas energías están ya hoy a disposición de los físicos. Tenemos en Ginebra, en CERN, un acelerador, que acelera protones a 25 mil millones de voltios de electrón; máquinas parecidas hay en América, Hamburgo y otras muchas ciudades.

De hecho estos ensayos dejan entrever que los protones y neutrones bajo tales circunstancias ya no son partículas elementales, sino que más bien denotan una estructura interior. Sin embargo, nos encontramos todavía en los comienzos de la investigación y ante un nuevo mundo desconocido. En estos experimentos se han dado a conocer muchas nuevas partículas, muy efímeras, quizá meros estados de excitación del protón, que de alguna manera hacen referencia a que dentro del protón existe un nuevo mundo. Hoy no sabemos

aún si esto significa que el protón consta de partes componentes aún más pequeñas, o si este nuevo mundo significa de alguna manera un grupo de situaciones que están en determinadas relaciones entre sí; acerca de esto no sabemos sencillamente nada. A pesar de todo hay que conceder a este nuevo mundo una gran importancia. Aquí ascendemos al escalón ulterior de la escala quántica, y puede ser —incluso es muy probable— que a este nuevo escalón corresponda en el universo un significado tan importante como al fuego cósmico. El fuego cósmico, es decir, la transformación de energía a nivel del núcleo, corresponde, como ya dije, a la producción de energía en el interior de las estrellas. Los astrónomos han descubierto galaxias que despiden energías inmensamente grandes, donde tienen lugar desconocidos procesos de cataclismos en el centro de estas galaxias. Sabemos muy poco sobre esos sucesos, pero sabemos que las energías de las que allí se trata son comparables a las energías que fisionan el interior de los protones y neutrones y dividen su estructura. Esto quiere decir, finalmente, que en este nuevo peldaño de la escala quántica suceden cosas cuyo lugar en el universo estaría en el centro de esas galaxias estallantes. En resumen, el concepto de partícula elemental debe ser considerado como un concepto relativo. La teoría quántica nos ha mostrado que todo sistema tiene una relativa estabilidad, pero que el umbral de ese sistema depende de la estructura y de la masa del sistema. Así tenemos una jerarquía de estabilidad o una jerarquía de partículas elementales. A temperaturas normales, como las que tenemos en una habitación, los átomos mismos son partículas elementales e inmutables. A temperaturas más altas, en el fuego o en la radiación eléctrica, no son ya los átomos partículas elementales, sino los electrones, los núcleos. A temperaturas todavía más altas, en el centro de las estrellas, los mismos núcleos no son ya partículas elementales, sino que constan de protones

y neutrones, y cuando llegamos a esas máximas transformaciones de energía, que quizá tengan lugar en el centro de las galaxias, entonces parece ser que ni los protones y neutrones son ya partículas elementales. Pero aquí llegamos a un campo de la física que hoy no está aún bien investigado, tropezamos con el límite de la ciencia.

Creo que de toda esta exposición se desprende que vivimos en una etapa sumamente interesante del desarrollo de la ciencia, donde nuestro conocimiento avanza de escalón en escalón, y no sólo el conocimiento sino también la aplicación de este conocimiento.

Cuando la física nuclear iluminó el mundo cósmico, fue posible en el desarrollo técnico de la tecnología nuclear transplantar a la tierra este mundo cósmico, estas relaciones cósmicas, en nuestros reactores nucleares, en la bomba atómica y en nuestros ensayos de fisión. De esta manera el hombre ha cambiado su propio mundo, ha transplantado a la tierra un mundo cósmico. Por este medio ha conseguido un poder que, como sabemos, puede ser empleado para la edificación o para la destrucción. Por eso todo progreso del conocimiento exige también del hombre un progreso en su sentido de responsabilidad y en su conciencia de que con esa fuerza puede obrar el mal y el bien y de que debe evitar el mal. De que el hombre lo consiga o no dependerá el futuro de la historia del mundo. Hoy vivimos en un tiempo sumamente crítico. Cada vez aparecen más claras las conexiones del universo, las conexiones entre lo más pequeño dentro del átomo y en el núcleo del átomo y lo más grande, a saber, la expansión del universo; así mismo, las conexiones entre las regularidades de las partículas elementales y las regularidades de los sistemas estelares. Estas conexiones nos proporcionan una mayor inteligencia del mundo, un mayor poder sobre la naturaleza y una mayor obligación de ser conscientes de nuestra responsabilidad.

INDICE DE FUENTES

CAPITULO I

[1] T. Jacobsen, *Frühlicht des Geistes* (Stuttgart 1964), 188 (Trad. de *The Intellectual Adventure of Ancient Man* [Chicago 1946]).

[2] Hesíodo, *Theogonie*. Trad. alem. Langensch. Bibl., tomo 2, Berlín 1855-1908, 88s.

[3] *Timaios*, trad. por Otto Apelt, Phil. Bibl., tomo 179, Leipzig 1928, 45s.

[4] En *Dialoge über die beiden hauptsächlichen Weltsysteme* («Discorso»), trad. del italiano por Emil Strauss, Leipzig 1891, cita cap. IV del *Almagesto*, 515s.

[5] Leonardo da Vinci, *Philosophische Tagebücher*, ital. y alem. Rowohlts Klassiker, tomo 25, Hamburgo 1958, 31, 41.

[6] *Die Tragweite der Wissenschaft*, tomo I, Schöpfung und Weltentstehung, 6. Vorlesung, 106.

[7] *Mysterium Cosmographicum*, cap. II, en la trad. alem. *Das Weltgeheimnis*, Max Caspar, Augsburgo 1923, 47s.

[8] *Der Sternenbote («Siderius Nuntius»)*, citado según Marie Boas, *Die Renaissance der Naturwissenschaften* (Geschichte und Kosmos). Gütersloh 1965 (Trad. de *The Scientific Renaissance 1460-1630*, 1962), 346s.

[9] *Dialogue...*, 119s.

[10] *Principia Mathematica*, libro III, trad. alem. por J. Wolters, Berlín 1872, 380.

[11] *Allg. Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, parte 2.ª cap. 1.°, Kant, *Ges. Schriften*, tomo I, Berlín 1910, *Vorkrit. Schriften*, 263-268.

[12] *Was ist Relativitätstheorie?*, artículo del «Times», 28-XI-1919, citado según *Mein Weltbild*, editado por Carl Seelig, Zürich 1953.

[13] *Ueber Relativitätstheorie*, Londres 1921, citado ibid.

[14] Ibid., 129s.

[15] *Das Reich der Nebel* (Trad. de *The Realm of the Nebulae)*, en *Die Wissenschaften*, tomo 9, Braunschweig 1938, 111s y 185.

[16] *Das grenzenlose All* (Trad. de *Frontiers of Astronomy)*,

H. Siebler-Ferry y K. O. Kiepenheuer, Colonia-Berlín 1963, 302s.

[17] Cfr. *Merkur*, n.° 213, dic. 1965, 1210s. Según nuevos resultados en la observación de fuentes de radio cuasi-estelares a una distancia de cerca de diez mil millones de años luz, publicados en febrero de 1966 (California Institute of Technology), las teorías anteriores sobre edad y estructura del universo amenazan con volverse inseguras. La cantidad de la así llamada materia interestelar parece ser esencialmente más pequeña de lo que hasta ahora se creía. Se habla de una millonésima parte de la cantidad que se tenía hasta ahora como probable. Si se admite la *Steady-Theorie*, la teoría del continuado proceso de creación, la materia necesaria para ello se habría gastado hace tiempo y habría que calcular una edad del universo mucho mayor. O de lo contrario se permanece en la teoría del «estallido primitivo», preferida hoy otra vez, según la cual el universo se expande continuamente, en materia que «se diluye» continuamente. Esta teoría en cambio está en oposición con la teoría del equilibrio (según Hoyle).

CAPITULO II

[1] Cfr. *Holzwege*, Frankfurt 1957, 82s.

[2] *Ueber den Himmel*, libro 2 (Trad. alem. de Olof Gigon), Zürich 1950, 100s.

[3] Ibid.

[4] Citado según *Die Kunst der Vermutung*, Selección de sus escritos hecha por H. Blumenberg, Bremen 1957, 155s.

[5] Ibid.

[6] Ibid.

[7] *De Revolutionibus...*, trad. alem. por C. L. Menzzer: *Ueber die Kreisbewegungen der Weltkörper*, Thorn 1879.

[8] *Die kopernikanische Wende*, Edition Suhrkamp, tomo 138, 1965, 17.

[9] *Mysterium Cosmographicum*, trad. alem. Max Caspar, *Das Weltgeheimnis*, Augsburgo 1923, 5s.

[10] *Theodizee*, trad. alem. con introd. y explic. por Robert Habs, Leipzig 1883, 178s.

[11] Kant, *Ges. Schriften*, tomo I, parte 2, cap. 7, 309.

[12] Cfr. *Wege zur physikalischen Erkenntnis*, Reden und Vorträge, Leipzig 1933, 45.

[13] Ibid., 106s.

[14] *Die Einheit des naturwissenschaftlichen Weltbildes*, en *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, 1935, 9.ª edición, 1955, 113.

[15] *Die Physik und das Problem des Lebens*, en *Atomphysik*

und menschliche Erkenntnis, Braunschweig 1958, *Die Wissenschaft*, tomo 112, 99.

[16] Ibid., tomo 8, 21.

[17] *Philosophie und Mathematik*, Vorträge und Essays, *Die Universität*, tomo 9, Viena 1949, 80s.

[18] J. Jeans, *Der Weltraum und seine Rätsel*, tomo 53, Munich 1955, 80s.

[19] Ibid., 112s.

CAPITULO III

[1] Citado según H. Diels, *Fragmente der Vorsokratiker*, Rowohlts Klassiker, tomo 10, 1957, 45s.

[2] *Timaios*, trad. alem. por Otto Apelt, Phil. Bibl., tomo 179, Leipzig 1922, 77s.

[3] *Metaphysik*, trad. alem. por E. Rolfes, Phil. Bibl., tomo 2, Leipzig 1928, libro II, 34s.

[4] Ibid., libro VI, 122s.

[5] Ibid., libro XII, cap. 7, citado según H. G. Gadamer, *Philosophisches Lesebuch*, I, 112.

[6] Citado según Josef Pieper, *Thomas von Aquin*, 1956, parte I «Ordnung und Geheimnis», parte II «Das Auge des Adlers». Cfr. allí indicaciones de fuentes de las citas.

[7] Ibid.

[8] René Descartes, *Philosophische Werke*, sección primera, *Abhandlung über die Methode*, parte 4 (2. 3. 4.) (trad. alem. por Artur Buchenau), Phil. Bibl., tomo 26, Leipzig 1905, 27s.

[9] Ibid., tomo 26a, *Regeln zur Leitung des Geistes*, regla XII (13), Leipzig 1906, 61s.

[10] Citado según *Historische Quellen*, suplemento a la obra de W. Heisenberg *Das Naturbild der heutigen Physik*, tomo 8, 1953, 61.

[11] Cfr. nota 4, cap. I, 108.

[12] Cfr. nota 10, cap. I.

[13] Kant, *Ges. Schriften*, tomo IV, 1911, *Prolegomena*, § 40, 327s., § 52b, 340, § 57, 351-353.

[14] *Kritik der reinen Vernunft*, Phil. Bibl., tomo 37, Leipzig 1906, 26.

[15] Ibid., 29.

[16] *Positivismus und reale Aussenwelt*, en *Wege zur physikalischen Erkenntnis*, 217.

[17] *Vom Relativen zum Absoluten* (1924), ibid., 145s.

[18] *Erkenntnistheoretische Fragen in der Physik und die menschlichen Kulturen*, ibid., 24s.

[19] *Ueberwindung der Metaphysik* en M. Heidegger, *Vorträge und Aufsätze*, Pfullingen 1954, 77.

[1] *Rede zur Rektoratsfeier*, 1957, en *Hamburger Universitätsreden*, 23, 1962, 6.

[2] C. F. v. Weizsäcker, *Die Bedeutung der Logik für die Naturwissenschaft*, 1954, en *Zum Weltbild der Physik*, Stuttgart, 7.ª edición 1958, 266.

[3] *Meditationen*, Ueber die Grundlagen der Philosophie, trad. alem. por A. Buchenau, Phil. Bibl., tomo 27/I, Hamburgo 1958, 20.

[4] Ibid., 67.

[5] Ibid., 69.

[6] *Kritik der reinen Vernunft*, 2.ª sección, parte II, Transzendentale Elementarlehre, cap. IV, *Unmöglichkeit eines ontologischen Beweises vom Dasein Gottes*, 518s.

[7] Introducción a *Kritik der reinen Vernunft*, ibid., 47.

[8] Prólogo a la 2.ª edición, ibid., 32.

[9] *Drei Gründe des Philosophierens, Plato, Augustin, Kant*, Munich 1957, 228.

[10] *Das Verhältnis der Quantenmechanik zur Philosophie Kants*, ibid., 116.

[11] *Kritik der reinen Vernunft*, Transzendentale Deduktion d. reinen Verstandesbegriffe, § 16, 151.

[12] *Enzyklopädie d. Philos. Wissenschaften*, Wiss. von der Logik, § 44, *Zweite Stellung des Gedankens zur Objektivität*, Phil. Bibl., tomo 33, Leipzig 1920, 69.

[13] *Vorlesungen über die Philosophie der Religion*, parte 3.ª *Die absolute Religion*, Sämtl. Werke, Jubiläumsausgabe, Stuttgart 1928, tomo 16, 212.

[14] *Vorlesungen über die Philosophie der Weltgeschischte* en *Sämtl. Werke*, Phil. Bibl. tomo 171c, Leipzig 1905-25, 720.

[15] Ibid., 730s.

[16] *Wissenschaft der Logik*, § 204 (Theologie), ibid., 184.

[17] *Physikalische Gesetzlichkeit*, 1926; cfr. nota 11, cap. II, 77.

[18] *Die Kausalität in der Natur*, 1932, ibid., 258.

[19] *Erkenntnis und Irrtum*, Skizzen zur Psychologie der Forschung, 3.ª edición, Leipzig 1917, 449s, 453s, 455s, 459.

[20] *Philosophie der Naturwissenschaft*, 1939, *Die Universität*, tomo 6, 29s, 41, 88.

[21] *Einheit des Wissens*, 1954, cfr. nota 14, cap. II, 69.

[22] Ibid., 75s.

[23] *Physik und Philosophie*, Ullstein-Weltperpspektiven, tomo 2, 1959, 33s, 36s.

[24] *Das Naturbild in der heutigen Physik*, ibid., 18.

[25] *Das Experiment*, 1947, cfr. nota 2, cap. IV, 173.

[26] *Die Atomlehre in der modernen Physik*, 1942, ibid., 50.

CAPITULO V

[1] Goethe a Riemer, 10-V-1806.

[2] *Der Staat*, libro 7, Phil. Bibl., tomo 80, 5.ª edición, 1920, trad. alem. por Otto Apelt, 269s.

[3] *Kritik der reinen Vernunft*, Transzendentale Aesthetik, § 1, 75s, 77, y § 8, 95s.

[4] Ibid., 107, I. *Von der Logik überhaupt.*

[5] Goethe a Maria Paulovna, 31-XII-1816, cfr. *Goethe «Natur, Schriften, Gedanken, Briefe, Gespräche»*, Munich, Zürich 1962, 121.

[6] *Bertrand Russell und das philosophische Denken*, 1946, compuesto para «Library of Living Philosophers»; véase Albert Einstein, *Mein Weltbild*, editado por Carl Seelig, Zürich 1953.

[7] Citado según *Ostwalds Klassiker der exakt. Wissenschaften*, n.º 96, 1898, 81.

[8] Cfr. *Theoretische Schriften*, edición completa, Tubinga 1953, 162.

[9] *Der Versuch als Vermittler*, citado de la Hamburger Goethe-Ausgabe 1955, tomo 13, 15, 17.

[10] Cfr. *Goethe über die Natur*, Insel-Bücherei, tomo 597, 41s.

[11] Cfr. nota 11, cap. II, 1908, 5, y *Vorträge und Erinnerungen*, Stuttgart 1949, 31.

[12] *Neue Bahnen der physikalischen Erkenntnis*, 1913, ibid., 44.

[13] En *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, 9.ª edición, 1959, 20s.

[14] Ibid., 89.

[15] Epílogo a los escritos de ciencias naturales en la Hamburger Goethe-Ausgabe, 1957, tomo 13, 538s.

[16] Cfr. nota 19, cap. IV, 139.

[17] *Das Naturbild der heutigen Physik*, ibid., 23.

[18] Cfr. nota 25, cap. III, 50.

[19] *Licht und Materie*, Ergebnisse der neuen Physik, Hamburgo 1949, 27.

[20] *Das Naturbild der heutigen Physik*, 29s.

[21] *Die Physik der Gegenwart und das physikalische Weltbild* (1941), 30s.

[22] Ibid., 25.

[23] Como el físico de Zürich W. Heitler, *Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis*, Braunschweig 1962.

[24] Ibid., 2.ª edición revisada, Gotinga 1954, 8.

CAPITULO VI

[1] *Gedanken der antiken Naturphilosophie in der modernen Physik*, cfr. *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, 9.ª edición 1959, 77s.

[2] H. G. Gadamer, *Philosophisches Lesebuch* (I), Lehrberichte der aristotelischen Schule, Fischer-Bücherei, tomo 612, Frankfurt 1965, 52.

[3] Ibid., texto de «Leukipp und Demokrit», 50.

[4] *Gedanken der antiken Naturphilosophie...*, 79s.

[5] *Optik...*, libro 3, parte 1, pregunta 31.

[6] *Mikroskopische Beobachtungen über die im Pollen der Pflanzen enthaltenen Partikel*, en Pogg. Ann., 14, 1828, 249s.

[7] *The Scattering of α— and β— Particles by Matter and the Structure of an Atom*, en Phil. Mag., 21 1911, 669.

[8] *The Existence of a Neutron*, en Prod. Roy. Soc., 136, 1932, 692.

[9] *Collision of α— Particles with Light Atoms*, parte IV, «An Anomalous Effect in Nitrogen», en Phil. Mag., 37, 1919, 581.

[10] *Physique nucléaire, un nouveau type de radioactivité*, en Comptes Rendus, 198, 1934, 254, citado según «Foundations of Nuclear Physics», edición de Robert T. Beyer, Dover Publications, Nueva York 1949.

[11] *The Mass Spectra of Chemical Elements*, en Phil. Mag., 39, 1920, 611.

[12] *Artificial Radioactivity Produced by Neutron Bombardment*, en Prod. Royal Society, vol. 146, 483-500.

[13] *Nachweis der Entstehung aktiver Bariumisotope aus Uran und Thorium durch Neutronenbestrahlung*, en *Naturwissenschaften*, año 27, cuaderno 6, 1939.

[14] *Ueber den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle*, en *Naturwissenschaften*, año 27, cuaderno 1, 1939 (28-XII-1938).

[15] *Vom Radiothor zur Uranspaltung*, Braunschweig 1962, 132.

[16] *Abhandlungen über Atombau* (1913-1916): *Ueber die Konstitution von Atomen und Molekülen*, en Phil. Mag., 26, 1913, 1s, 68s.

[17] La relación de imprecisión del lugar (q), o sea de la velocidad (v), se expresa por la fórmula de Heisenberg

$$\Delta q \cdot \Delta v = \frac{h}{m}.$$

(h = quanto de energía de Planck, m = masa). La relación de imprecisión influye tanto más fuertemente cuanto más pequeña es la masa de la partícula que se observa.

[18] *Einheit des Wissens*, 1954, en *Atomphysik und menschliche Erkenntnis, Die Wissenschaft*, tomo 112, Braunschweig 1958, 72s.

INDICE ONOMASTICO Y ANALITICO

Abstracciones en la ciencia moderna, 199 y ss.
Agricola, Georg, 82.
Al Battani, 26.
Aldrovandi, Ulises, 82.
Anaxágoras, 100 y s.
Anaximandro, 20.
Anaxímenes, 20.
Anderson, Carl David, 55.
Antimateria, 54 y ss.
Apolonio de Perpe, 27.
Aristarco de Samos, 23.
Aristóteles, 23, 26, 30, 32, 33, 72 y ss., 99 y ss., 115 y ss., 134, 147, 149, 179, 206, 271.
Arquímedes, 27, 33.
Aston, Francis William, 258.
Averroes, 123, 125.

Bacon, Francis, 33, 83 y s., 103, 133 y s., 204.
Bacon, Roger, 123, 204.
Becquerel, Henri, 253.
Behaim, Martin, 28.
Berkeley, George, 169, 175, 205.
Blumenberg, Hans, 79.
Bohr, Niels, 92, 142 y ss., 153, 176 y ss., 193 y s., 266 y ss.
Boltzmann, Ludwig, 177, 252.
Bolyai, Farkas, 187.
Bondy, 52.
Born, Max, 229.
Brahe, Tycho, 29, 32, 34, 54, 102.
Broglie, Louis de, 227 y s.
Brown, Robert, 251 y s.
Bruno, Giordano, 80 y ss., 106.

Cantidad de acción (eficacia) de Planck, 90, 141, 266.
Cantor, Georg, 189.
Cavendish, Henry, 104.
Chadwick, James, 254 y s.
«Ciencias del spíritu», 159.
Claudio Ptolomeo, véase Ptolomeo.
Clausius, Rudolf, 252.
Colón, Cristóbal, 28.
Consideraciones en la ciencia moderna, 199 y ss.
Construcción atómica, 199 y ss.
Copérnico, Nicolás, 24 y ss.,

30, 32, 34 y s., 38, 77 y ss., 96, 98, 101 y s., 104, 123, 130, 139.
Cosmogonía(s), véase Doctrina de la creación del mundo.
«Cosmología», 44; véase también Teorías de la creación del mundo, modernas.
Cumplimentariedad, 145, 171, 176 y s., 183, 194, 227 y ss., 234, 272.
Curie, Pierre y Marie, 253, 257 y s.

D'Alembert, Jean de Rond, 207.
Dalton, John, 250 y s.
Dante, 26.
Demiurgo, 21 y ss., 272.
Demócrito, 20, 30, 200, 206, 225, 246, 249 y s., 275.
Descartes, René, 39, 83, 93, 104, 125 y ss., 134, 142, 157, 160 y ss., 189, 204 y ss., 211 y s.
Diderot, Denis, 207.
Dios como creador del mundo, 16 y s., 29 y s., 38 y ss., 59 y ss., 75 y ss., 80 y s., 85 y ss., 94 y s., 119 y ss., 128 y s., 133, 151, 159 y s., 167 y s., 249 y s., 272.
Dirac, Paul, 55.
Doctrina de la creación del mundo (cosmogonías), 15 y ss., 54 y ss.
Doctrina eleática de Platón, 20 y ss., 115, 128, 199 y ss., 213, 232.
Dualismo filosófico, 20, 115, 127, 162, 169 y ss., 182, 203 y ss., 213, 232 y ss., 271.
Duns Scoto, 123 y s., 203.

Eddington, Arthur, 174 y ss., 193, 224, 233.
Einstein, Albert, 44 y ss., 63, 105, 153, 187, 212 y ss., 233, 266, 271.
Empédocles, 73.
Epicuro, 80, 246.
Eratóstenes, 24.
«Espíritu del mundo», 167 y s.
Euclides, 187.
Experiencia, 33, 83, 124, 163 y s., 203 y s., 208 y s., 223 y s.
Experimento, 33, 36, 39, 83, 103, 124, 133 y s., 150, 159, 180, 184, 203, 230, 270.

Fermi, Eurico, 259 y s.
Fichte, Johann Gottlieb, 89, 207.
Filosofía de la naturaleza, jónica, 20, 72, 101, 199, 245 y ss.
Física atómica, moderna, 142 y s., 176 y s., 224 y s., 252 y ss.
Física y Filosofía, 57 y ss., 95, 111 y ss.
Física y Metafísica, 111 y ss., 146 y ss., 170, 216 y s.
«Fórmula del mundo», 95, 145, 266.
Freud, Sigmund, 273.
Frisch, Otto, 263.
Fuchs, Leonhard, 82.

Gadamer, Hans-Georg, 248.

Galilei, Galileo, 32 y ss., 37, 61, 82 y ss., 98 y s., 102 y s., 120, 123 y s., 129 y s., 138, 150, 153, 162, 176, 204, 214, 272.
Gama, Vasco de, 82.
Gauss, Carl Friedrich, 187.
Gesner, Konrad, 82.
Gilbert, William, 82.
Goepert-Mayer, M., 268.
Goethe, Johann Wolfgang von, 101 y ss., 124, 184, 188 y s., 192 y s., 199, 207, 212, 218 y ss., 234 y s., 241.
Gold, 52.
Guericke, Otto von, 102.
Gutenberg, Johannes, 27.

Hahn, Otto, 262 y ss.
Hegel, Georg Wilhelm Friedrich, 89, 140, 152, 166 y ss., 195, 207, 213, 239.
Heidegger, Martin, 68 y s., 145.
Heisenberg, Werner, 91 y ss., 153, 178 y ss., 193 y s., 221 y ss., 225 y s., 228 y s., 232, 234, 237, 246 y ss., 255, 266, 268 y s., 275, 278.
Helmholtz, Hermann von, 177, 220 y s.
Heráclito, 20, 55, 72, 200.
Herder, Johann Gottfried, 207.
Hesíodo, 18.
Hiparco, 23.
Hipócrates, 27.
Hobbes, Thomas, 134, 204.
Homero, 20.
Hoyle, Fred, 52, 64.
Hubble, Edwin, 50, 63.
Hume, David, 205 y s., 208.
Huygens, Christiaan, 227.

«Ideología del mundo», 67, 70, 89 y s., 152 y s.
Imagen geocéntrica del mundo, sistema, 23 y ss., 35, 37, 73 y s., 99 y s., 129.
Imagen heliocéntrica del mundo, sistema, 23, 26 y s., 34 y s., 37, 77 y ss., 101 y s., 129.
«Imagen del mundo», 67 y ss., 89, 107.
Imagen del mundo, babilónico, 71.
bíblico, 71.
cristiano, 99 y s.
geocéntrico, 23 y ss., 35, 38, 73 y s., 78, 99, 129 y s.
griego, 72 y ss.
heliocéntrico, 23, 26, 34, 38, 77 y ss., 101 y s., 129 y s.
de la ciencia natural moderna, 90 y ss., 106, 132, 193, 240 y s.; véase también dualismo filosófico.

Jauskys, Karl, 53.
Jaspers, Karl, 164 y s.
Jeans, James, 96 y s.
Jenófanes, 20.
Jensen, H. D., 268.
Joliot, Frédéric, 257 y s., 260.
Joliot-Curie, Irene, 257 y s., 260.
Jordán, Pascual, 52, 229.

Kant, Emmanuel, 39 y ss.,

62, 87 y s., 95, 125, 133 y ss., 152, 162 y ss., 186 y s., 191, 194 y ss., 204 y ss., 215, 216, 232, 237.
Kepler, Johannes, 24, 27, 29 y ss., 61, 87, 95, 98 y s., 102, 104, 106 y ss., 123, 132, 176, 276 y s.

Laplace, Pierre Simon de, 38, 40, 87, 92.
Leibniz, Gottfried Wilhelm, 45, 85 y ss., 95, 104, 206 y s.
Lenard, Philipp, 253.
Lenin, Wladimir Ilich, 191.
Leonardo da Vinci, 28.
Leucipo, 20, 246.
«Leyes naturales», 171 y ss., 174 y s.
Lipperdey, 34.
Lobatschewski, Nikolai Iwanowitsch, 187.
Locke, John, 169, 204 y s.
Lógica, clásica y plurivalente, 236 y ss., 271.
Lógica computadora, 240.

Mach, Ernst, 170 y ss., 192.
Mackay, Donald M., 240.
Magallanes, Fernando, 82.
Maxwell, James, 192, 252.
Meitner, Lise, 262 y s.
Mendelejew, Dimitri Iwanowitsch, 251.
Mercator, Gerhard, 82.
Metafísica y Física, 111 y ss., 146 y ss., 170, 216 y s.
Meyer, Lothar, 251.
«Mito», 15.
Mito de la creación, sumerio-babilónico, 15, 56, 59 y s.
bíblico, 16, 59, 71.
griego, 18 y ss., 56, 59.

Neoplatonismo, 80.
Neotomismo, 120.
Newton, Isaac, 27, 33, 35, 37 y ss., 45, 48, 61, 83, 86 y s., 92, 95, 99, 103 y ss., 124, 131 y ss., 150, 184, 191.
Nietzsche, Friedrich, 96.
Nicolás de Cusa, 75 y ss., 105.

Objetividad en la ciencia moderna, 157 y ss.
«Objeto en sí», 140, 164 y ss., 191.
Occam, Guillermo de, 123 y s., 204, y s.
Ontología, 113.
Otto, Walter F., 15.

Pacioli, Luca, 29.
Palabra, 20.
Parábola de Platón, 200 y ss.
Parménides, 20, 111 y ss., 148, 200.
Pascal, Blaise, 87.
Pauli, Wolfgang, 259.
Petrarca, Francesco, 26.
Peuerbach, Georg von, 27.
Pitágoras, 20, 189 y s., 246, 277.
Planck, Max, 89 y ss., 141 y s., 153, 170, 191 y s., 220 y s., 232, 266 y s.
Platón, 20 y ss., 28, 30 y ss., 60 y s., 68, 72, 113 y ss., 119 y s., 128, 134, 149,

162, 172 y ss., 213, 224, 232, 235, 241, 272.
Plotino, 80.
Powel, Cecil Frank, 266.
«Probabilidad», «función de la probabilidad, 177, 229.
Ptolomeo, 24 y ss., 35 y s., 99, 130.

Regiomontanus, 27.
«Relación de indeterminación», 180, 229, 269.
Renacimiento, 26, 80, 84.
Russell, Bertrand, 185, 213 y s.
Rutherford, Ernest, 225, 233, 253, 256, 267, 275.

«Salto quántico», 180.
San Agustín, 64.
Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph von, 89, 152, 207.
Schiller, Friedrich von, 207.
Schopenhauer, Arthur, 89, 207.
Schrödinger, Erwin, 228.
Spinoza, Baruch de, 82, 207, 213.
Stirner, Max, 187.
Strassmann, Fritz, 262 y ss.
Subjetividad en la ciencia moderna, 157.

Tales, 20, 100, 148, 246.
Teoría atómica, antigua, 20, 199, 246 y ss.
moderna, 248.
Teoría quántica, física quántica, mecánica quántica, 90 y s., 112, 132, 177, 181 y s., 192 y s., 228, 268 y s., 271, 276, 277.
Teoría de la relatividad, 44, y ss., 63, 70, 77, 91, 97, 105, 112, 132, 142 y s., 187.
Teorías de la creación del mundo, modernas, 51 y ss.
«Teoría de los *torbellinos*», 39.
Teoría de la turbulencia, 43 y s.
Tomás de Aquino, 120 y ss.

Vesalio, Andrés, 82.
Viète, François, 82.
Voltaire, 207.

Weizsäcker, Carl Friedrich von, 30, 43 y s., 51, 157, 165, 183, 193 y s., 223 y s., 226 y s., 230.
Whitehead, Alfred North, 95.
Wilson, Charles, 254, 258.
Woltt, Christian, 207.